

*Roberto Velázquez Cabrera\**

## **Generador de ruido bucal de ilmenita**

El objetivo de este documento es mostrar los avances del estudio de una ilmenita sonora extraordinaria. Pertenece a una familia especial de generadores de ruido que se usaban en el México antiguo, pero no son bien conocidos. Fue encontrada casualmente en la oficina de Francisco Beverido Perea. Es importante por su singular material lítico, tipología y morfología, y porque pudo construirse y usarse hace tres mil años. Se proporciona la información obtenida desde 1999, incluyendo la de los estudios consultados de otros autores y de los generadores de ruido bucales líticos adicionales que fueron analizados por el autor. Se comentan los análisis organológicos, lapidarios, acústicos y de señales, y se proponen los usos antiguos posibles, de acuerdo con sus propiedades sonoras. Estos sonadores pueden producir sonidos que imitan llamados de animales o ruido del viento, y pueden generar efectos especiales en los humanos cuando dos o más se tocan al mismo tiempo. Finalmente, se propondrán algunos trabajos para el futuro.

The purpose of this article is to show the advances in the study on an extraordinary sonic ilmenite. It belongs to a special family of sound generators used in ancient Mexico, that are not well known. The piece was found by chance in the office of Francisco Beverido Perea. Its importance lies on its singular lithic material, its typology and morphology, and on the fact that it could have been constructed and used 3000 years ago. New information obtained after 1999 is provided, including that on the consulted studies of other authors, and on additional lithic buccal sound generators that were analyzed by the author. Organological, lapidary, acoustical and signal analysis are also provided, and possible ancient uses are proposed, according to their sonic properties. These artifacts can produce sounds that imitate the calls of animals or the sound of the wind, and they can produce special effects on humans, when two or more are played at the same time. Finally, some suggested lines of work for the future are proposed.

El objetivo de este documento es mostrar los avances en el estudio de un extraordinario generador de ruido bucal de roca negra (fig. 1) con tres perforaciones cónicas, encontrado casualmente en el despacho del finado antropólogo Francisco Beverido Perea. Su familia me permitió examinarlo para hacer el primer análisis directo de un artefacto sonoro antiguo, con la finalidad de aplicar la metodología presentada en una tesis de maestría (Velázquez, 2002). Dicho método paulatinamente ha podido mejorarse y complementarse en más de ochenta casos específicos de aerófonos y sonadores de viento antiguos, y/o de modelos experimentales a partir de técnicas y herramientas de análisis de señales y acústica, así como las organológicas y materiales de tipo lapidario —en este caso especial—. El documento incluye información de otros autores que

\* Investigador de resonadores mexicanos [rvelaz.geo@yahoo.com].

han escrito sobre objetos similares y que en su mayoría han propuesto funciones originales no sonoras. También se comentan otros generadores de ruido bucales identificados y/o analizados, para ayudar a difundirlos y mostrar que el examinado por el autor pertenece a esa singular subfamilia organológica mexicana, pues se ha constatado que no son muy conocidos ni siquiera entre especialistas que los han encontrado o analizado.

Usualmente los pequeños artefactos líticos no se estudian con profundidad, y menos aún si carecen de decorado, ya que se prefieren los objetos líticos semipreciosos, monumentales, vistosos o que muestran una iconografía significativa, con su contexto arqueológico bien determinado. En este documento se muestra que hasta una pequeña roca perforada, de origen desconocido y carente de iconografía e información arqueológica, puede ser analizada formalmente a partir de los indicios de su morfología, sistema y función sonoros. El examen del caso se hizo con cierto detalle, puesto que cada artefacto sonoro recuperado debe ser examinado con la mayor profundidad y amplitud posibles, sobre todo cuando se trata de un objeto singular y extraordinario, como es el caso de esta roca negra perforada. Desde un inicio pudo ser identificada como un generador de ruido bucal, pues pudo comprobarse que podía generar los ruidos característicos, muy similares a los de otros artefactos que integran esta familia de objetos sonoros mexicanos.

Los primeros hallazgos sobre los generadores de ruido bucal de roca negra se dieron a conocer en un congreso internacional de computación (Velázquez, 2000a), así como en tres congresos internacionales de especialistas en acústica (Beristain *et al.* 2002a: 2395; Beristain *et al.* 2002b: 2368; Velázquez y Menchaca, 2002). Los generadores de ruido se dieron a conocer por medio de internet<sup>1</sup> (Velázquez, 2001, 2003), además

de haberse mostrado en una conferencia de especialistas en música y arqueología en Alemania (Velázquez, 2006a). También se presentaron en otros foros académicos nacionales que se interesaron en el tema.<sup>2</sup> Una versión abreviada del estudio de esos artefactos sonoros bucales se publicó en la revista digital *e-Gnosis* (Velázquez, 2006);<sup>3</sup> asimismo, los generadores de ruido se comentaron brevemente en la conferencia sobre Arqueología Sonora. Silbato de la Muerte,<sup>4</sup> y con mayor detalle en Velázquez (2006b). Hasta la fecha no se han recibido objeciones fundamentadas acerca de esos estudios, ni sugerencias técnicas de fondo para mejorar los trabajos. La morfología de los generadores de ruido bucales es muy similar a la del corazón sonoro de varios tipos de generadores de ruido mexicanos, pero no se van a comentar aquí por razones de espacio. En el estado de Veracruz se conoce un generador de ruido muy especial que se encuentra en exhibición en el Museo de Xalapa; es conocido como gamitadera (llamador de venados), pero no es del tipo bucal (Velázquez, 2000c).

Inicialmente se muestran los descubrimientos del generador de ruido bucal de roca negra; después los que se han encontrado como parte del propio proceso de investigación, incluidos los de otros materiales líticos analizados por el autor, y al final se plantean algunas recomendaciones para trabajos futuros.

### Información del generador de ruido bucal de roca negra

Cuando se encontró la roca negra perforada, se carecía de información arqueológica o datos descriptivos asociados. Aquí se incluye la informa-

<sup>1</sup> Los estudios del autor se pusieron en la red mundial desde 1999, para ayudar a difundirlos en todo el mundo, ya que no se habían encontrado editores interesados en su publicación. El instrumento sonoro de ilmenita no era conocido ni por los especialistas, a pesar de que se ha exhibido hasta en museos (fig. 5).

<sup>2</sup> Los generadores de ruido se presentaron en 2004, en el Tercer Seminario de Musicología y Etnomusicología Latinoamericana en el Auditorio del Ex Claustro de San Agustín, Departamento de Música, Universidad de Guadalajara; no se publicó memoria.

<sup>3</sup> Disponible en el portal de Redalyc: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/730/73000408.pdf>

<sup>4</sup> En el marco de las IV Jornadas Permanentes de Arqueología, organizadas por la Dirección de Estudios Arqueológicos y el Museo del Templo Mayor, INAH, 28 de marzo 2008.

ción que pudo obtenerse inicialmente, así como los principales análisis realizados.

Este generador de ruido bucal (fig. 1) fue encontrado de manera fortuita en 1999, en el despacho del finado antropólogo Francisco Beverido Pereau en Xalapa, Veracruz. Se trata de un artefacto de procedencia desconocida, aun cuando podría tener su origen en la zona de influencia olmeca de San Lorenzo, Veracruz. Beverido hizo su tesis de maestría en ese sitio (Beverido, 1970), y Michael Coe me comentó que trabajó con el antropólogo mexicano en ese lugar, y que la pieza lítica perforada quizá provenga de ese sitio. Coe recuperó algunas “cuentas de magnetita multi-perforadas” similares en las inmediaciones de la Cabeza Colosal núm. 17, así como en basureros domésticos de San Lorenzo (Coe, 1967: 57).



● Fig. 1 Generador de ruido bucal de ilmenita.

Su temporalidad es desconocida; posiblemente corresponde a la fase de San Lorenzo que proviene del Formativo temprano (1200-900 a. C.), según estimación de fechas de radiocarbono (Coe, 1967: 60). En cuanto al material, parece ser similar a la roca de ilmenita, compuesta de óxido de fierro y titanio,<sup>5</sup> aunque incluye

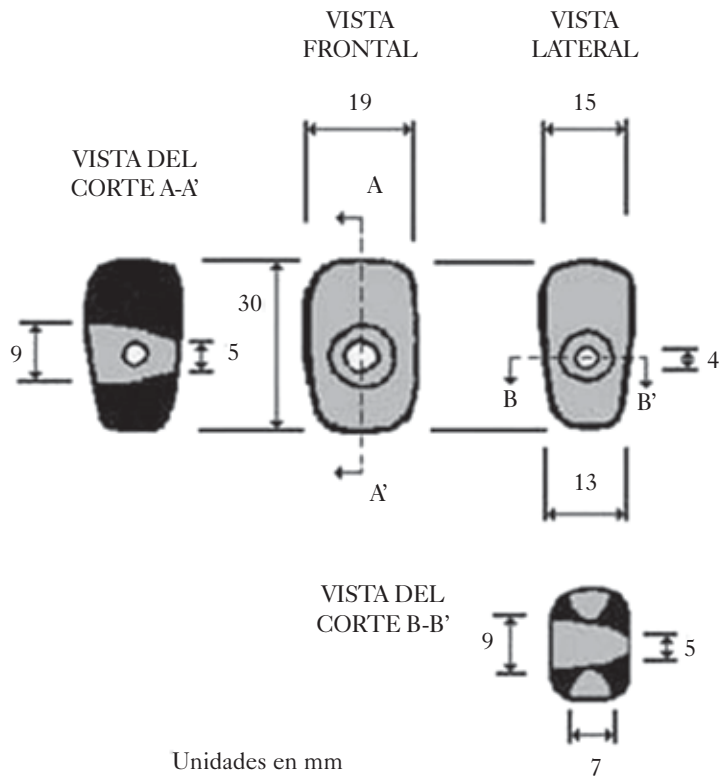
<sup>5</sup> Información detallada sobre la ilmenita puede encontrarse en la página <http://www.uned.es/cristamine/ficjhas/ilmenita/ilmenita.htm>

otros cristales. La roca es ligeramente magnética y no muestra decoración alguna ni rastros visibles de pintura. Parece que la superficie exterior fue alisada con abrasivos, como las rocas rodadas en ríos, y algunas áreas de la superficie son cóncavas.

El artefacto es de color negro mate, con estructura granular y de lustre metálico. Muestra una forma paralelepípeda irregular, con las esquinas y aristas redondeadas; mide 30 mm de largo x 19 de ancho y 15 mm de altura. Las medidas organológicas pueden verse en la fig. 2; la cámara o canal principal de caos fue hecho con una perforación cónica con diámetro anterior de 12 mm y posterior 5 mm, además de presentar dos perforaciones laterales cónicas con diámetro externo de 7 mm e interno de 4 mm.

El generador de ruido bucal destaca por estar constituido de un material singular, por su trabajo lapidario, por ser el primero elaborado en roca de dureza media, y por ser el más pequeño conocido. Desde el punto de vista organológico y de su diseño sonoro, el resonador es extraordinario y permite un examen visual y dimensional de su interior, factores importantes para su análisis, registro morfológico y reproducción. La forma cónica de las tres perforaciones es típica en el trabajo de perforado antiguo de rocas y se parece a la envolvente de la superficie externa de la punta de una bala.

El mecanismo sonoro puede hacerse con tres perforaciones sobre cualquier material rígido de una sola pieza —lo cual no sucede con el mecanismo sonoro de otros generadores de ruido más complejos ni con los instrumentos musicales de viento contruidos con dos o más piezas—. Este tipo de generador de ruido bucal no es muy conocido, y quizá por ello no está incluido en los sistemas internacionales de clasificación organológica, ni en los registros tipológicos de artefactos arqueológicos, o de dispositivos acústicos, aunque hay generadores de ruido mecá-



● Fig. 2 Principales cortes y vistas del generador de ruido bucal de ilmenita.

nicos y electrónicos.<sup>6</sup> En la fig. 2 puede verse el boceto con las principales vistas y cortes del generador de ruido de ilmenita. La vista frontal muestra el canal resonador. La vista del corte A-A' muestra el detalle lateral de la cavidad central resonadora y de salida del aire, así como una de las dos perforaciones laterales. La vista lateral y la perforación o canal lateral son iguales a los del lado opuesto. La vista del corte B-B' muestra el detalle de los canales laterales superior e inferior, así como de la cavidad resonadora y abertura de salida frontal, lo mismo que la abertura posterior colocada a la derecha. Ese corte B-B' se usa para ilustrar la forma de tocarlo (fig. 3), con los tres canales o perforaciones centrados horizontalmente. La vista del corte A-A' indica que el diámetro de salida de

la cavidad central o del frente es un poco mayor (9 mm) que la posterior (5 mm). Este sencillo boceto es original y relevante, ya que no se conocen instrumentos sonoros antiguos similares y con los datos necesarios para elaborar réplicas de la pieza original.

### Análisis del mecanismo sonoro y su funcionamiento

En la fig. 3 se muestra el esquema de funcionamiento del sistema sonoro con el que se produce el sonido más fuerte. El resonador debe tocarse en la posición horizontal, como se muestra en la vista del corte B-B' de la fig. 2, colocado dentro de la boca, entre los labios y la lengua, que cubre la abertura circular posterior. Los elementos organológicos que conforman el

sistema sonoro boca-instrumento de ilmenita son: *a*) canal de la cavidad bucal, formado entre el paladar y lengua, para generar la corriente de insuflación; *b*) cámara resonadora principal, hecha con una perforación cónica desde el frente hasta la parte posterior, y que funciona como un tubo abierto; *c*) dos perforaciones cónicas alineadas a la salida cara a cara, cuyo eje central pertenece a un plano vertical que coincide con el eje de la cámara principal, y que también funciona como una cámara de caos. Los bordes internos de esas dos perforaciones funcionan como biseles circulares especiales, donde se parten y se generan las ondas sonoras; y *d*) cavidad bucal cerrada que se forma bajo la lengua, y el maxilar y los dientes inferiores, que actúa como un resonador de Helmholtz<sup>7</sup>. El mecanismo sonoro funciona de la siguiente manera:

<sup>6</sup> Desde mediados del siglo pasado existen generadores de ruido electrónicos patentados, que se usan para estudiar la acústica de salas y recintos. También hay generadores de ruido para la música electrónica; existen ruidos de diversos tipos: como los llamados blanco, rosa, café y negro.

<sup>7</sup> Nombre que hace honor al médico y físico alemán Hermann von Helmholtz (1821-1894), quien estudió los resonadores globulares que funcionan como un resorte con una masa.



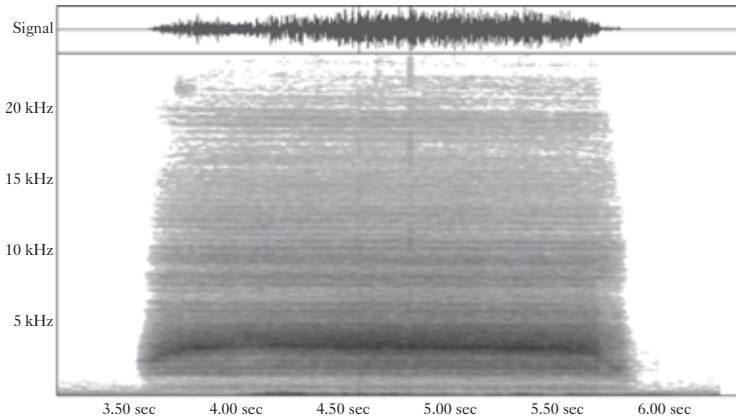
● Fig. 3 Forma de tocar el generador de ruido bucal de ilmenita.

1) La corriente de aire proveniente de los pulmones y de la cavidad bucal se introduce por el canal superior del instrumento. 2) En la salida interna del canal superior, el flujo de aire comprimido se expande, ya que la cámara principal está abierta en el frente y tiene menor presión que en el interior del canal inferior. También ocurren difracciones en la salida del aire del canal superior. 3) Las ondas expandidas se dirigen al otro lado de la cámara principal y hacia el bisel circular del canal inferior, generando reflexiones hacia atrás. 4) La parte más fuerte del flujo central de aire, que viene del canal superior, pasa a través del canal inferior y va hacia la cavidad bucal cerrada inferior, que actúa como un resonador de Helmholtz, compuesto por un sistema de masa (aire del canal inferior) y resorte (aire de la cavidad inferior) en serie, generando reflexiones hacia atrás porque no tiene otra salida. 5) Al regresar las reflexiones por el canal inferior, se generan más refracciones y difracciones dentro de la cámara principal. 6) En una fracción

de segundo la combinación de reflexiones, refracciones y expansiones de la corriente de aire en ambas direcciones, con dos biseles circulares en un espacio reducido, genera una explosión compleja, turbulenta y dinámica de ondas y presiones en el aire, produciendo a la salida las ondas del ruido que se muestra con vírgulas, símbolo gráfico mexicano para toda clase de seres y fenómenos ondulares como el sonido.

7) Los sonidos generados incluyen componentes de frecuencia muy complejos (fig. 4) —y que serán comentados en el apartado de “Análisis espectral”—. Si se toca de otras formas, puede producir otros sonidos; por ejemplo, colocado fuera y enfrente de los labios, con el aire introducido por la abertura posterior, y cerrando con un dedo la abertura frontal, los canales laterales se convierten en salidas de sonido de menor intensidad. 8) La presión neumática del aire de excitación es de 0 a 60 cm de H<sub>2</sub>O o de 0–6 kPa, que se puede medir con un tubo U graduado lleno de agua y conectado a un tubo delgado de plástico insertado en la comisura de los labios cuando se excita el generador de ruido.

Así, por primera ocasión ha sido posible apreciar en detalle cómo funciona la dinámica de las ondas en el interior del mecanismo sonoro de los generadores de ruido, lo que se considera importante. Su sistema es muy turbulento y no ha podido simularse en computadoras, por resultar muy complejo y generar frecuencias que



● Fig. 4 Espectrograma de un sonido corto del generador de ruido bucal de ilmenita.

superan el rango audible (20 Hz-20 KHz), mismas que se generan caóticamente en una cámara de dimensiones muy reducidas. Para visualizar la dinámica de las ondas sonoras se usó un modelo experimental con una tapa de plástico colocada frente a la cámara de caos, con un molde de gelatina a manera de cámara de Helmholtz y una bomba de fuelle de pie —utilizada normalmente para inflar lanchas de goma— para inyectar aire con talco en el interior del modelo, a fin de filmar la dinámica resultante. El modelo experimental fue ampliado para facilitar la toma del video con una cámara digital. Se pudo observar que el mecanismo sonoro produce una explosión turbulenta del aire en la cámara de caos, lo que genera las ondas complejas que se extienden hacia fuera y produce la sensación del ruido característico. Se estima que en un generador de ruido bucal esa explosión turbulenta se inicia a menos de 1/100 segundo de haber iniciado la inyección del aire por el aeroducto. Las fotos del video pueden verse en internet (Velázquez, 2007-b).

Las características audibles de las señales de los generadores de ruido bucales analizados indican que no son sonidos musicales, considerando el concepto general de la música actual; sin embargo, algunos compositores del movimiento futurista creyeron haber descubierto su uso en el arte de los ruidos mecánicos a principios del siglo XX.<sup>8</sup> Las técnicas convencionales de análisis musical no son de utilidad en estos casos, ya que ni siquiera pueden representar bien estas señales complejas con su notación musical convencional.<sup>9</sup> En general, el ruido mecánico tiene picos estacionarios y es considerado indeseable, pero es necesario conocerlo para poder eliminarlo.<sup>10</sup> Los sonidos que producen

los generadores de ruido antiguos son complejos y varían en el tiempo. Pueden ser analizados con técnicas adecuadas, entre ellas las acústicas, espectrales y auditivas.

### Análisis de iconografía espectral

El análisis iconográfico de los componentes de frecuencias de los sonidos se realizó mediante espectrogramas obtenidos con programas de computadora (Horne, 2008: 1), los cuales permitieron obtener las gráficas con el cálculo de la transformada rápida de Fourier discreta (Smith, 2008: 1) de la señal registrada en formato digital. Los sonidos se grabaron con un micrófono y una PC con tarjeta de sonido. La gráfica del espectrograma se muestra en la fig. 4,<sup>11</sup> donde podrá apreciarse que se generan componentes de frecuencia muy complejos, aun cuando se trata de un ruido casi plano. Los niveles de intensidad máximos (en dB con crestas de las señales en negro) se dan entre 1.5 y 5 kHz, pero las frecuencias generadas con alto contenido de ruido (señales en gris) cubren un rango amplio (de 0 a más de 20 kHz). Como las señales aquí analizadas son parecidas a las obtenidas mediante generadores de ruido bucales analizados previamente por el autor, ello indica que pertenece a la misma familia sonora.

### Percepción auditiva

Es posible analizar el ruido generado en función de la capacidad de percepción auditiva. La fig. 4 muestra que los componentes de frecuencia más fuertes se generan dentro de la banda de frecuencias con mayor sensibilidad auditiva del ser humano (1-6 KHz), ya que la cresta máxima es cercana a 3-4 KHz. Eso significa que el generador de ruido fue diseñado y construido

bien para poder eliminarlo con filtros o disminuirlo con atenuadores; cuando se produce en la vida real, puede ser molesto, como en el caso de los ruidos generados por máquinas.

<sup>11</sup> Los interesados en escuchar el sonido analizado espectralmente en la fig. 4, pueden hacerlo en la página electrónica: <http://www.geocities.com/isgma04/llmenita2.mp3>

<sup>8</sup> En "L'Arte dei rumori", incluido en el *Manifiesto Futurista* de 1913, empezaron a incorporar ruidos a la música con aparatos mecánicos, pero creían que en el pasado no se usaban (<http://www.uclm.es/artesonoro/elarteruido.html>).

<sup>9</sup> Hay formas gráficas para tratar de escribir los ruidos de máquinas, pero su representación es muy simple porque sólo incluye la frecuencia fundamental o dominante, que en algunos casos no existe o se generan en gran cantidad dentro de rangos amplios de frecuencias (<http://www.thereminvox.com/article/articleview/116/1/31/>).

<sup>10</sup> En campos como el de comunicaciones, el ruido puede cubrir las señales transmitidas, pero se necesita conocerlo

para que su sonido pudiera escucharse bien a corta distancia y en espacios cerrados; para ser escuchados con mayor intensidad, y a distancias considerables, debían tocarse al mismo tiempo un grupo de generadores de ruido similares, ya que su potencia se puede incrementar notablemente. Debido a que algunos animales tienen alta sensibilidad auditiva en esa misma banda, pueden escuchar el sonidos de estos generadores de ruido a distancias considerables, de ahí que también resulten de utilidad para enviarles señales y llamarlos, para cazarlos o controlarlos.

Se hicieron otras mediciones básicas para estimar la potencia y alcance de los sonidos del resonador. Uno de los factores esenciales de cualquier generador de sonidos es la potencia acústica radiada máxima; para el caso del resonador de ilmenita no es una potencia alta,<sup>12</sup> pues corresponde a 0.1 watts (99 dB a un metro y cero grados<sup>13</sup>) cuando se toca individualmente. Eso significa que para producir efectos audibles para el ser humano tendría que tocarse en recintos cerrados como cuartos, cuevas y cavernas, o a distancias no muy grandes. Si se opera un grupo de artefactos al mismo tiempo, la potencia se incrementa notablemente y pueden producir batimientos sónicos e infrasónicos con efectos audibles especiales.

### Artefactos multiperforados de ilmenita en San Lorenzo

En 2000, cuando se entrevistó con funcionarios e investigadores del INAH<sup>14</sup> para informar de los

resultados iniciales del estudio del generador de ruido bucal, el autor obtuvo la copia de un informe elaborado por Cyphers y Di Castro (1996: 3-13). El documento refiere un hallazgo en el sitio de San Lorenzo compuesto por más de 6 ton de artefactos líticos (equivalentes a más de 150 000 piezas) similares al resonador, llamados “artefactos multiperforados de ilmenita”. El contenido de ese documento apoya la hipótesis planteada por el autor sobre la cultura, zona de origen, antigüedad y material del generador de ruido bucal analizado, aun cuando las autoras estiman que los artefactos multiperforados se usaron desde el Preclásico inferior hasta el Preclásico medio. También reportan que Fernando Ortega Gutiérrez, geólogo de la UNAM, confirmó la identificación una pieza de San Lorenzo y encontró inclusiones de cristales de apatita y rutilo (Cyphers y Di Castro, 1996: 5). En el informe del descubrimiento proporcionan información<sup>15</sup> y algunos datos relevantes: *a*) se localizaron seis piedras completas al norte del Monumento 17, una cabeza colosal ubicada al este del centro sur de la península de San Lorenzo (Coe y Diehl, 1980); *b*) 10 000 rocas, casi todas completas, encontradas en el *hinterland* de San Lorenzo, 4 km al sur de la región central, en el sitio secundario Loma Zapote, posiblemente del Preclásico inferior; *c*) más de 4.5 ton de objetos encontrados en el sitio “A4 Ilmenitas”; *d*) 2 000 rocas negras —parecidas al resonador— sin perforaciones, entre ellas 24 piedras quebradas y una completa con tres perforaciones, encontradas en Plumajillo, Chiapas (Agrinier, 1989: 19-36). Asimismo, Di Castro (1997: 156) señala que los “artefactos multiperforados de ilmenita” encontrados en San Lorenzo son similares al resonador aquí analizado; es

<sup>12</sup> Las ecuaciones usadas están expresadas a la derecha del signo igual en formato de MS Excel:  $I = + (10 \wedge -12) * 10 \wedge (dB/10)$  y  $W = 4 * PI() * I$ , donde:  $I$  es la intensidad radiada en watts/m<sup>2</sup>, dB es el nivel de presión sonora medida con el sonómetro a 1 m y 0 grados,  $PI()$  = 3.1415... y  $W$  es la potencia acústica radiada máxima en watts.

<sup>13</sup> Las mediciones de presión sonora se hicieron en condiciones similares, para que las estimaciones pudieran compararse con las de otros sonadores, pues sonómetros miden la presión de las vibraciones de las ondas acústicas que llega a su micrófono. Las mediciones deberían haberse realizado en instalaciones acústicas controladas, pero no se han encontrado disponibles para estos trabajos.

<sup>14</sup> Entre ellos el director de Investigación y Conservación del Patrimonio Arqueológico, Norberto González Crespo, y el subdirector Jesús Mora Echeverría.

<sup>15</sup> El texto incluye información sobre el contexto arqueológico general de los descubrimientos de San Lorenzo, pero no indica ni la forma de construcción ni el uso del artefacto de ilmenita. En el reporte se incluye una foto (Cyphers y Di Castro, *op. cit.*: fig.4) de las fosas 1 y 2, pero no es muy clara. En otro informe del proyecto se incluyen dos fotos de esas mismas fosas (Cyphers, 1992: figs. 48 y 50), pero el responsable del archivo me indicó que se requiere permiso superior para hacer uso de ellas. También se incluyen en el informe de los “bloques de ilmenita” (Di Castro, 1997: 157 y 158, figs. 6.2 y 6.3), pero esta publicación se agotó y las copias obtenidas tampoco están claras.

decir, tienen cuatro caras burdamente regulares y dos caras cuadradas irregulares en sus extremos. Las piezas líticas varían en tamaño y peso, desde 1.5 x 1.8 cm hasta 5.4 x 2.5 y de 9 hasta 110 g. El tamaño promedio es de 2-3 x por 1.5 cm. Cada artefacto tiene tres perforaciones que van de 0.5 a 1.5 cm de diámetro. En todas ellas se reitera una secuencia en las perforaciones, no se detectaron piezas de ilmenita sin perforar.

Entre otros datos, Cyphers y Di Castro señalan que la materia prima pudo ser transportada de otras zonas, como Chiapas. Las rocas pudieron ser utilizadas por grupos de elite, luego de ser trabajadas a partir de tecnología especializada. Añaden que los artefactos multiperforados de ilmenita encontrados en San Lorenzo Tenochtitlan habían sido comentados por otros autores, pero no habían sido analizados. Entre las hipótesis sobre su uso algunos autores proponen las siguientes: cuentas y pendientes para adorno personal, taladro para producir fuego, pesos de redes para pesca o contrapesos para *átlal*, e incluso como martillo. Sin embargo, las autoras citadas afirman que los artefactos multiperforados se usaban como soportes manuales para taladros de arco y otras aplicaciones que requieren rotación, como procesos de hilado y torcido de sogas. Indican que las diversas perforaciones se deben al hecho de que las piedras eran reutilizadas, y que las piedras completas encontradas pueden ser artefactos de desecho. Sin embargo, en su informe no hay datos que permitan confirmar esas hipótesis.

Si bien el autor informó a dichas investigadoras acerca de los resultados preliminares sobre el generador de ruido bucal, no fue posible tener acceso a los “artefactos multiperforados de ilmenita” encontrados en San Lorenzo. Sería importante examinar una muestra representativa para determinar si tienen propiedades sonoras similares a la roca negra, pero las arqueólogas no creen que exista esa posibilidad, a pesar de las evidencias encontradas y mostradas.<sup>16</sup>

En mi opinión, las funciones utilitarias no sonoras de los “artefactos multiperforados de ilmenita” propuestas por otros autores son posibles, pero improbables. Mi afirmación se basa en resultados de diversos análisis y experimentos con este diseño sonoro y otros similares. Para cumplir con las funciones no sonoras planteadas por otros investigadores sólo se requiere una perforación en la roca, siendo innecesarios tanto la estructura especial de las tres perforaciones cónicas como el alineamiento de los ejes centrales en un plano que caracteriza a los generadores de ruido bucales. Esa estructura de las tres perforaciones resulta indispensable para formar el corazón sonoro de los generadores de ruido mexicanos, incluyendo los no bucales. Dado que la perforación de roca dura implicaba mucho tiempo del proceso de elaboración, es improbable que los maestros lapidarios olmecas hayan realizado tal cantidad de perforaciones innecesarias, como se desprende del hallazgo de San Lorenzo Tenochtitlan.

Parece que incluso ahora no se ha reconocido la importancia y uso original de este resonador, ya que en una vitrina de la Sala del Golfo del Museo Nacional de Antropología se muestra un grupo de rocas perforadas similares, designadas en la cédula como “pequeños bloques” de uso desconocido; sin embargo, al colocarse en forma de óvalo parece que las consideran cuentas de adorno (fig. 5). En el museo de sitio de San Lorenzo<sup>17</sup> también se muestra una gran cantidad de ellos, pero no se ofrece información relacionada con su posible uso; tampoco se encontró información de su registro en el inventario del patrimonio cultural de los museos oficiales.<sup>18</sup> Existen cerca de 300 artefactos líticos similares en una colección privada, pero a pesar de su importancia ni siquiera se consideró necesario registrarlos de manera oficial. Esto es una prueba más de que dichos objetos no son

<sup>16</sup> Sobre las propiedades sonoras del artefacto de roca negra, en 2001 el autor hizo una demostración en vivo a Di Castro, en el Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM.

<sup>17</sup> Fotos y comentarios acerca de las “herramientas de piedra negra” están disponibles en la página electrónica <http://www.delange.org/SanLorenzo/SanLorenzo.htm>

<sup>18</sup> En 2008 consulté la Base de Datos del Inventario de Bienes Culturales del INAH, pero no había información de los artefactos multiperforados de San Lorenzo exhibidos en los museos.





● Fig. 5 Pequeños bloques de la Sala del Golfo del Museo Nacional de Antropología.

muy conocidos, ni siquiera como bienes arqueológicos.<sup>19</sup>

### Experimentos con modelos no líticos

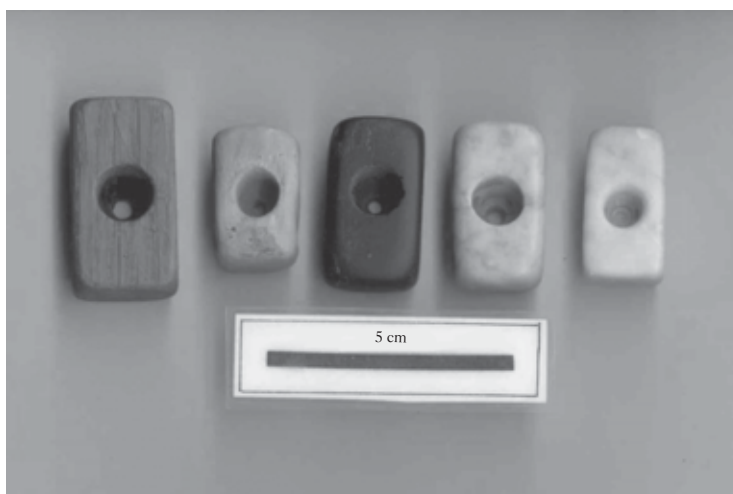
Como se perdió todo el conocimiento sobre la construcción y uso preciso de los “artefactos multiperforados de ilmenita”, y la información arqueológica consultada no incluye evidencias claras o datos duros de los usos originales propuestos por Cyphers y Di Castro, los únicos análisis que se pueden realizar para explorar hipótesis son de tipo experimental. En los primeros ejercicios se construyeron modelos experimentales en madera y barro (los dos primeros des-

<sup>19</sup> En los archivos de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas del INAH se encontraron dos cédulas de piezas líticas similares en una colección privada de Coatzacoalcos, Veracruz (115 PF., Piezas 905 y 906); por desgracia, no se incluyeron sus datos descriptivos al ser consideradas como “No registrables”. Son casi 300 y son más importantes y singulares que otros bienes registrados, como el caso de cientos de fragmentos de piezas de barro.

de la izquierda, fig. 6) que pueden producir sonidos similares a los del generador de ruido bucal analizado. Por tanto, es un hecho que los objetos de similar morfología y diferente material pueden generar sonidos similares aunque se consideró necesario experimentar con más detalle en materiales líticos para analizar las hipótesis de uso.

En la literatura sobre el México antiguo no he podido encontrar descripciones precisas sobre las técnicas lapidarias para cortar y perforar rocas de dureza media, y menos aún las confirmaciones experimentales. Sin embargo, entre los procedimientos utilizados

podría estar el uso de una punta cortadora rotatoria de madera dura, hueso, metal, roca con arena de piedra dura o abrasivo en grano, además de un agente líquido como agua o material oleaginoso o grasoso para ser usado como lubricante, refrigerante y aglutinante del grano fino de material abrasivo. También se pudo haber utilizado una punta de roca sólida, de dureza igual o mayor al material a cortar, como pedernal o cuarzo. En este último caso no es indispensable el abrasivo en grano fino. En ambos casos el cortador debe fijarse en la punta de un eje de ca-



● Fig. 6 Modelos experimentales de madera, barro, obsidiana y mármol.

rrizo, otate o madera, para poder rotarlo y dirigirlo con precisión sobre la roca a cortar. La rotación se puede lograr con las dos manos; sin embargo, para realizar 500 000 perforaciones un taladro manual puede disminuir el tiempo al rotar con mayor velocidad. Se han encontrado modelos de taladros manuales de varios diseños apropiados para realizar y controlar el proceso de perforación, entre ellos el de arco que usaron los carpinteros y otro que todavía usan algunos joyeros.

Dado que no es conveniente hacer experimentos en la pieza antigua, y como no fue posible conseguir rocas de ilmenita en bruto, se buscó una roca de características similares como la obsidiana, que también es negra y de dureza similar (5-5.5 en la escala de Mohs), aun cuando carece de estructura granular (fig. 6, centro). Para acelerar el ejercicio se usó un taladro eléctrico de 3 500 rpm y una barra de fierro con la punta redondeada como cortador. Para la perforación se utilizó carburo de silicio<sup>20</sup> en grano fino como abrasivo, agua como lubricante y refrigerante, un contenedor para retener el agua y el abrasivo, más una prensa para fijar y alinear la piedra con el cortador metálico. El proceso de perforación se llevó casi 20 horas de trabajo continuo, otras ocho para la cámara principal y seis horas para cada perforación lateral. Lo anterior muestra la dificultad de hacer tres canales en una roca de dureza similar a la ilmenita mediante un taladro de arco manual.<sup>21</sup> Un mejor experimento de perforación tendría que realizarse con arco manual y una pieza de ilmenita, aunque sería difícil disminuir el tiempo; la propia dificultad de la perforación refuerza la improbabilidad de hacer numerosas perforaciones no necesarias.

Otro resultado importante con la obsidiana se relaciona con la superficie interna de la per-

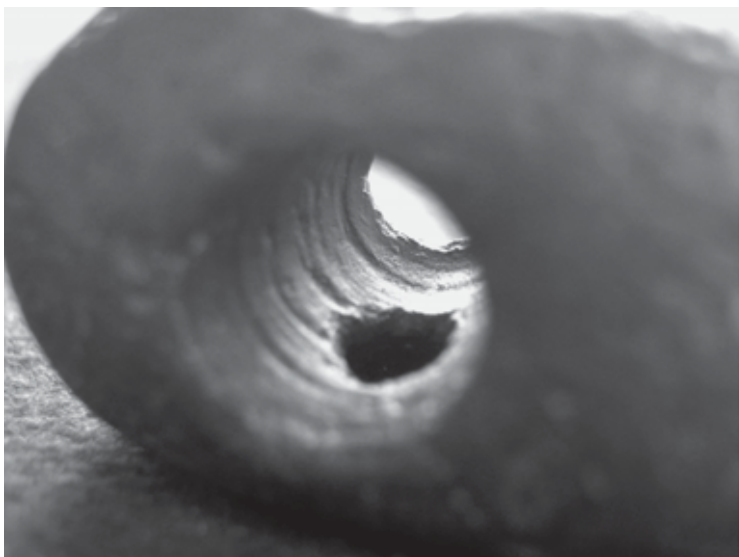
foración principal, que carece de canales circulares de corte notables a simple vista, como los que se observan en la fig. 7, e indicativo de que la perforación no se hizo con un cortador de superficie redondeada y abrasivo de grano fino. En la misma fig. 7 es interesante observar una prueba de que las perforaciones de los dos canales laterales se hicieron después perforar la cámara principal, pues muestran despostilladuras en los biseles o esquinas circulares a la abertura interna de los canales laterales en dirección a la cámara de caos; para evitar esas despostilladuras solían hacerse perforaciones bicónicas por ambos lados de la roca.

Se usaron piezas de obsidiana y de otras rocas (fig. 8) para verificar la hipótesis de que el artefacto sonoro pudo haberse utilizado para sostener manualmente el componente rotativo del perforador. Se probó que este soporte tendría que ser de mayor dimensión que el resonador bucal, para que pudiera sostenerse cómodamente con una mano y durante un tiempo prolongado, como es el caso de los taladros manuales de carpintero. También se probó que es más difícil realizar ese proceso manual de perforación usando piedras de soporte de tamaño menor, como el resonador bucal analizado, ya que se deben sostener sólo con dos o tres dedos, cuyos músculos son más pequeños y menos fuertes que los de la mano. Cualquier tipo de roca (fig. 8), y hasta madera o cerámica, puede servir como base para un soporte de eje rotatorio. En una operación acelerada simulada (utilizando un taladro eléctrico y un palito) la fricción de la madera alisó y pulió la superficie interna del canal de obsidiana. Como la superficie interna de las cavidades del instrumento de ilmenita no está muy pulida, ello indica que no fue usada para sostener un eje rotatorio de madera.

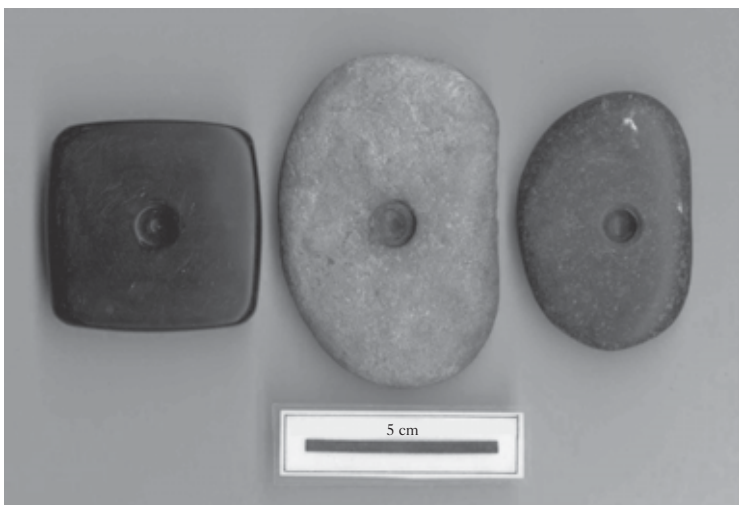
En otros experimentos se perforaron rocas blandas de mármol (dos de la derecha, fig. 6), y pudo verse en todos los casos que los artefactos podían generar sonidos similares. En este caso el tiempo necesario para la perforación se redujo a sólo un par de horas, con igual procedimiento y herramientas. Tal dato llevó al autor a reflexionar sobre las razones de haber escogido un material tan duro como la ilmenita para ela-

<sup>20</sup> El carburo de silicio se obtiene de arenas o cuarzo de alta pureza y coke de petróleo fusionados en horno eléctrico a más de 2 000 °C; tiene la siguiente composición:  $\text{SiO}_2 + 3 \text{C} \rightarrow \text{SiC} + 2 \text{CO}$ . Se seleccionó por su alta dureza, ya que es cercana a 9 en la escala de Mohs.

<sup>21</sup> Experimentos recientes de perforación con arcos manuales han mostrado que pudieron ser efectivos, ya que generan velocidades de rotación similares a las de un taladro eléctrico.



● Fig. 7 Foto del interior de la cámara principal del generador de ruido de ilmenita.



● Fig. 8 Soportes de eje de taladro de arco, contruidos en obsidiana y de otras rocas.

borar ese instrumento. El empleo de rocas de dureza media podría deberse al deseo de que los instrumentos duraran mucho tiempo, como en el caso de las piedras de San Lorenzo. Además, las rocas duras eran consideradas de gran valor y por ello eran utilizadas elaborar objetos imprescindibles para uso ceremonial, ritual o sagrado, pero hay muy pocos que muestren propiedades y usos sonoros.

El trabajo de perforación para formar el mecanismo sonoro del generador de ruido bucal de-

bió hacerse con gran cuidado y delicadeza, pues en tal proceso se rompieron varias piezas cuando se aplicó accidentalmente mayor presión con el cortador. El diseño de la estructura del mecanismo hace que sea muy frágil en el plano de los dos ejes de perforación, ya que sólo deja cuatro columnas muy delgadas en las esquinas. Una presión interna, un golpe, la tensión o el calor pueden romper la pieza en las cuatro columnas que cruzan ese plano. Esa fragilidad podría explicar la existencia de muchas piedras rotas antes de haberse terminado de perforar, como es el caso de las piedras rotas provenientes del sitio Plumajillo estudiado por Agrinier (1989: 25, fotografía 4); y también limita otros usos que incluyan presiones, golpes o tensiones, como cuando se utilizan como martillo, o para trenzar fibras naturales o textiles.

Se desconoce la técnica empleada para separar las piezas del bloque de piedra, aunque podría ser posible que existieran preformadas en la naturaleza. En ese sentido, Benina Velázquez O. (2008, comunicación personal) me informa que en una pendiente cercana al poblado Peña Blanca, municipio Santa María Guianagati, Oaxaca, había una gran cantidad de cubos de rocas negras

similares al artefacto de ilmenita, sólo que no estaban perforadas ni tenían las puntas redondeadas. El poblado se localiza cerca del río Sarabia, afluente del Coatzacoalcos, pero no se ha confirmado si los cubos son de ilmenita.

### Estudio de arqueometría

Jones y colaboradores (1978: 128-142) realizaron análisis de fotomicroscopía, espectroscopia de fluorescencia de rayos x, microprueba de

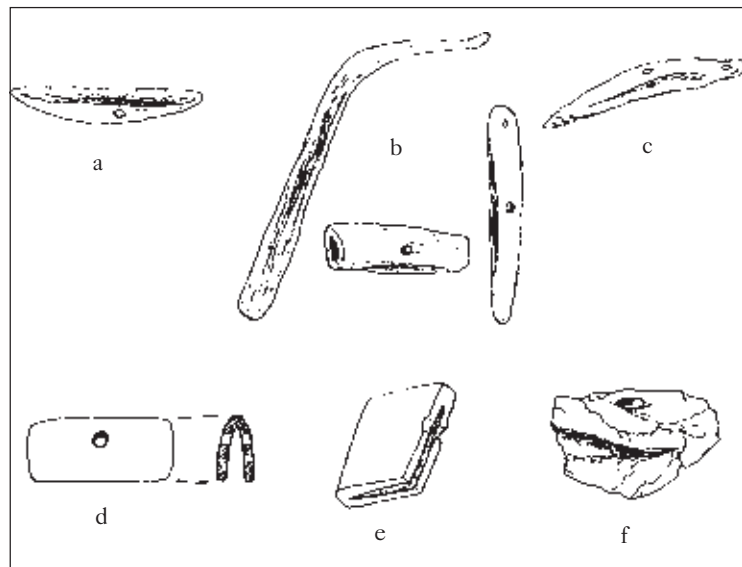
electrón y de magnetometría para examinar varias “cuentas olmecas” provenientes de San Lorenzo Tenochtitlan y algunas muestras de mineral de Plumajillo, Chiapas. En sus conclusiones señalan que las rocas están compuestas principalmente de ilmenita, material más duro que la obsidiana; las cuentas tienen perforaciones penetrantes múltiples realizadas con una herramienta rotativa, como muestran las huellas circulares en la pared de las perforaciones; las “cuentas olmecas” tal vez fueron perforados con algo más duro que la obsidiana, posiblemente usando arena de cuarzo como abrasivo en la punta de una herramienta de madera; el mineral y las cuentas físicamente son similares, y también son de composición similar a la ilmenita de Oaxaca, ubicada a 220 km del lugar donde se encontraron las cuentas perforadas; el gran trabajo artesanal, así como la belleza de las cuentas metálicas, sugieren el gran valor de la materia prima. Comentaron que el uso de esas cuentas por parte de los olmecas es un misterio, aunque su reducida dimensión dificulta que sean usadas como soporte manual de un eje perforador de arco,<sup>22</sup> lo cual coincide con los resultados obtenidos por el autor.

podieron usarse en la Cuenca de México. En el Códice Florentino (Sahagún, 1979: Libro I, 7, f.70) se muestra un objeto similar al resonador, el cual aparece en la esquina superior izquierda de la pintura de los instrumentos del *mizcoacalli* (fig. 9a). Otros investigadores han dado a conocer dispositivos antiguos similares, y aun cuando fueron identificados con diversos nombres, prueban su existencia y uso en varias zonas del México antiguo. El primero en estudiar tales dispositivos fue el ingeniero José Luis Franco, que los llamó “de muelle de aire”; también investigó un silbato bucal de roca (fig. 10-5) encontrado en Cutá, Guerrero (Del Río, 1962: A). Franco publicó otro dibujo (fig. 9d) de un “silbato azteca” de la zona del Golfo (Franco, 1971: 20). El profesor Otto Schöndube dio a conocer unos instrumentos de hueso (fig. 9b) (Schöndube, 1968: 91-92) y morfología similar, hoy bajo resguardo del Museo Regional de Guadalajara; dijo que tal vez serían originarias de Michoacán, que quizá fueran utilizadas por los primeros pueblos que habitaron esa zona y se usaron como gamitaderas o llamadores de animales. Otros objetos de barro similares (fig. 11), provenientes de la rivera del Lago de Chapala, fueron exhibidos en el Museo Regional de Guadalajara como “sil-

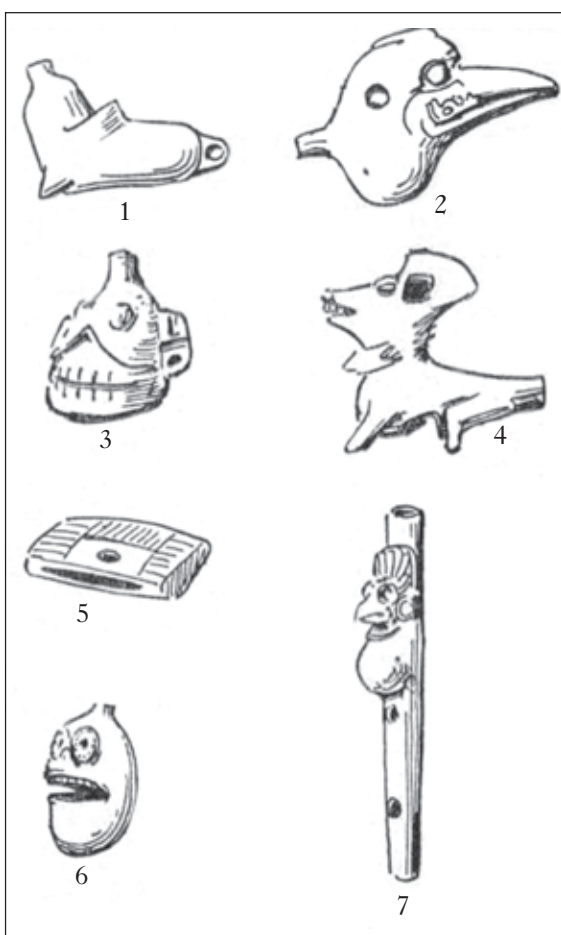
### Otros generadores de ruido bucales

También se dispone de evidencia iconográfica para demostrar que los generadores de ruido bucales

<sup>22</sup> “Another possibility promoted by Ann Cyphers Guillen is that the bead could have been used as a capstone to guide a stick as it was used in a bow drill to drill other stone or wood. However, the fact that the large holes penetrate all the way through the beads argues against their use as capstones for bow drills since this penetration would leave the holding hand unprotected. the material is too hard to be cut by a wooden drill alone (without abrasive) furthermore the beads are too small to be used effectively with bow drills and have multiple holes not just one these observations argue against the bow drill capstone hypothesis” (Jones *et al.*, 1998:176).



● Fig. 9 Dibujos de generadores de ruido bucales: a) de hueso del Códice Florentino; b) de Hueso de la zona de Occidente; c) de hueso de Araró, Michoacán; d) de barro de la zona del Golfo; e) de la zona de occidente y f) de piedra blanda de Francia.



● Fig. 10 Silbatos y flautas de muelle de aire; el número 5 es un silbato de piedra de Cuta, Guerrero (dibujos de José Luis Franco).

batos de boca”. En un libro sobre artefactos sonoros del Occidente de México se incluye una “ocarina” de hueso (fig. 9c) muy similar a la encontrada en Araró, Michoacán (Dájer, 1995: 56), y clasificada como lanzadera de telar. Guillermo Contreras publicó un dibujo del corte longitudinal de un “silbato sin cámara propia” (fig. 9e), oriunda del Occidente y de Oaxaca (Contreras, 1988: 61).

En la consulta a la Base de Datos del Inventario de Bienes Culturales del INAH se encontraron nueve fichas con 30 silbatos bucales similares (de hueso y barro) del Occidente, bajo resguardo en el Museo Regional de Guadalajara, lo cual confirma que eran muy usados en esa zona. Hasta hace medio siglo los niños de pueblos rurales jugaban con un generador de ruido simi-

lar —construido con una corcholata aplanada, doblada y perforada con un clavo (fig. 10, izquierda)— al descrito en el estudio de mi primer silbato o *ehcachichtli* de metal (Velázquez, 2000b), y que los usaban para propósitos de comunicarse en el campo. El conocimiento temprano de esos sonadores bucales me ayudó a identificar posteriormente otros del mismo tipo. Es posible que estos sonadores se hayan usado en otras zonas,<sup>23</sup> ya que en Francia se encontró un “*sifflet en pierre*” (Armengaud, 1984: 81)<sup>24</sup> hecho de piedra blanda (fig. 7f), y en Bélgica se usaban dispositivos similares (Doize, 1938: 177-178). El dibujo de un “silbato de piedra” puede verse en una página web española referida por Payno (2008: 1); asimismo, un silbato de diseño industrial muy similar al de corcholata (fig. 12 derecha)<sup>25</sup> se usa entre los pastores para controlar a sus perros ovejeros, por lo que son llamados *shepherd’s whistle*. Ya se han estudiado las señales especiales usadas como lenguaje entre pastores (Corinas y Carreiras, 2005), pero se desconocen los datos organológicos precisos para analizarlos con modelos, como tampoco se conocen los sonidos de los generadores de ruido antiguos publicados por otros autores. Hemos identificado/analizado otros que resultan singulares por estar hechos de piedra; y aun cuando muestran diferencias en su morfología y dimensiones en relación con el dispositivo de ilmenita, son parte de la misma familia organológica y sir-

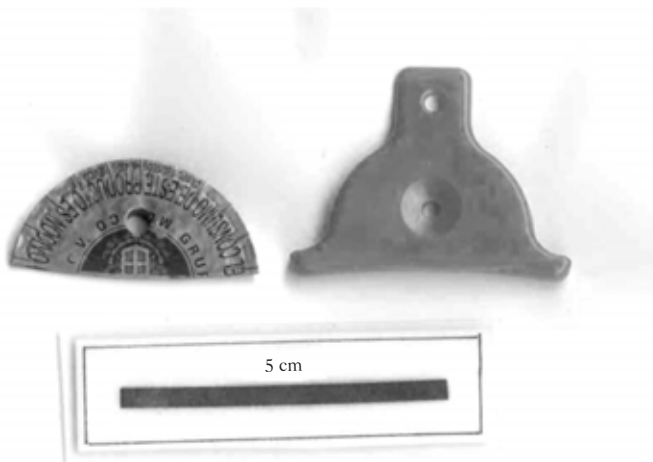
<sup>23</sup> El silbato de piedra blanda se utilizaba a principios del siglo xx y se usaba para transmitir señales en el Valle de Verdon, cerca de Alos, Francia. Armengaud comentó que en Turquía los niños hacían silbatos similares con tapas de botellas, dobladas cerca de 30 grados y perforadas con un clavo a un tercera parte de la esquina doblada. La información del silbato de Verdon fue enviada por Uli Wall de Alemania [<http://www.windmusik.com/>].

<sup>24</sup> Doize informa de silbatos similares hechos con una piedra blanca “*dol blancque agauche*”. Se usaban en la provincia de Luxemburgo. En el Musée de la Vie Wallone, en Lieja, había siete silbatos de la misma clase, usados por los campesinos para enviar señales que llegaban muy lejos, a una distancia de 2 a 5 km. Esta referencia también fue proporcionada recientemente por Uli Wall.

<sup>25</sup> El silbato ovejero me lo proporcionó Marion Vomend y lo adquirió en California. Otro igual me lo mandó Hilary Kerrod de Nueva Zelanda. En Inglaterra y Escocia, desde principios del siglo xx son usados por los entrenadores de perros ovejeros como los Border Collie.



● Fig. 11 Silbato de boca de barro de la ribera del Lago de Chapala, Jalisco. Museo Regional de Guadalajara.



● Fig. 12 Silbato de metal (corcholata) y silbato ovejero comercial de plástico.

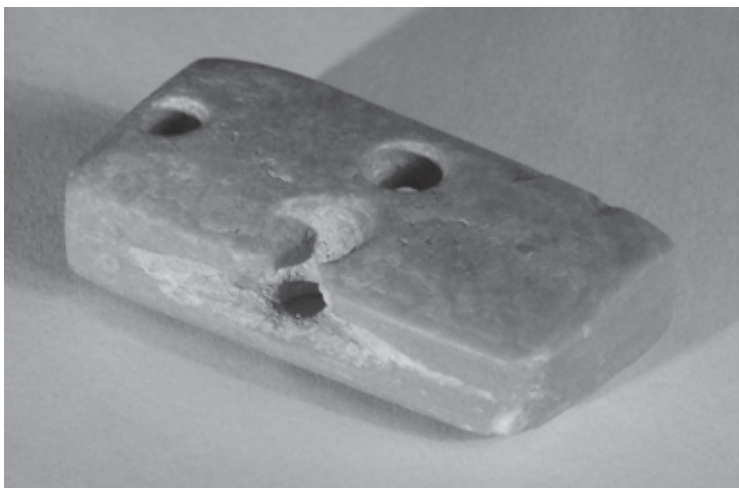
ven para conocer un poco más su distribución geográfica y cultural.

### Generadores de ruido de San Juan Raya

En 2004 fueron encontrados tres artefactos de piedra en San Juan Raya, municipio de Zapotitlán Salinas, Puebla. Antonio Porcallo Michelini, investigador del INAH, informó del hallazgo y me invitó a examinarlos para determinar si se

trataba de generadores de ruido bucales. El primero de esos dispositivos fue hecho de mármol (fig. 13). Al frente muestra un mecanismo roto y tiene otro completo en el lado posterior; fue encontrado por el guía Pedro Guadalupe Miranda Pacheco en el sitio Z56 Terrazas Paso del Coyote, entre los cerros Campanario Ometepec y de la Hierba; fue posible grabar sus sonidos. El segundo es una piedra verde oscura jaspeada, parecida a la serpentina (fig. 14), y fue localizado por Silvano Reyes Hernández en el Llano de Tierra Colorada. Un tercer artefacto fue encontrado por Blas Román Castellón Huerta, investigador de la Dirección de Estudios Arqueológicos del INAH, en el sitio Z91 Agua de Burro II. Es una piedra gris clara similar a la caliza, pero más dura (fig. 15), y sus características fueron dadas a conocer luego de registrarse ante el INAH (Velázquez y Castellón, 2007). Los actuales popolocas ya no reconocen dichos artefactos sonoros. No han podido datarse de manera exacta, pero Castellón estima fechas para el sitio Z56 de 700 a 1100 d. C.), y de 400/800 a 1200/1550 para el sitio Z91. También fueron encontrados restos de cerámica en superficie, indicativos de que se trata

de una zona de influencia olmeca, actualmente habitada por popolocas. Los sitios Z54 y Z91 sólo se han explorado en superficie, y como los resonadores encontrados carecen de pintura y otros rasgos ornamentales, se desconoce su posible uso antiguo (Velázquez, 2004). La forma de los dispositivos semeja un paralelepípedo recto y aplanado, y se distingue por el hecho de que el resonador no es una perforación cónica, pues la cámara generadora de caos y ruido parece una ranura hecha con una herramienta de corte con forma de un “disco volador”. Las dos perforacio-



● Fig. 13 Generador de ruido bucal de mármol, San Juan Raya, Puebla.



● Fig. 14 Generador de ruido bucal de serpentina, San Juan Raya, Puebla.

nes sonoras son cónicas, muy similares a los del instrumento de ilmenita, aunque más pequeñas, colocadas cara a cara con el eje central perpendicular al plano del centro de la cámara resonadora. No son piedras duras, ya que el mármol y la serpentina tienen 4 y 5 grados en la escala de Mohs. Algunas dimensiones de estos resonadores son similares a las que presenta el dispositivo de ilmenita; por ejemplo, el diámetro de los canales bicónicos de los artefactos de mármol, serpentina y piedra caliza es de 7, 6 y 6 mm, y el ancho exterior de la ranura es de 5.5,

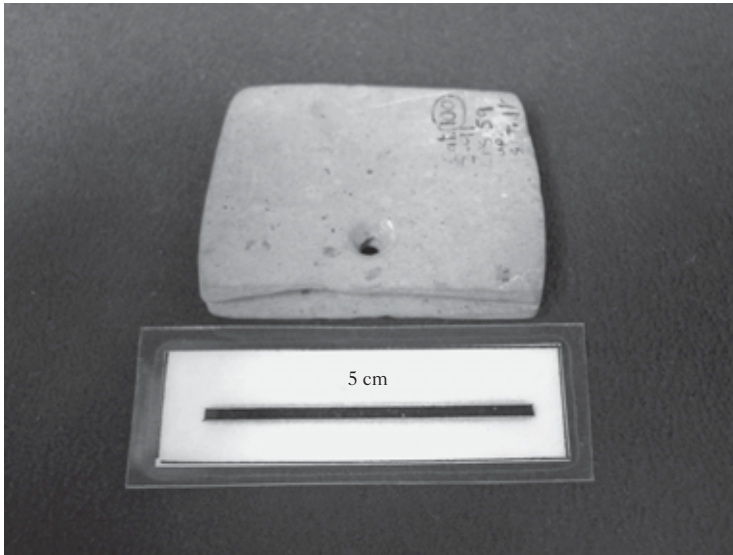
4 y 6 mm, respectivamente, similitudes que podrían indicar que entre los maestros de San Juan Raya existió una relación de conocimiento en materia de esta tecnología. Cuando algunos poblados escucharon los sonidos de los generadores de ruido encontrados en su región, comentaron que los sonidos eran similares a los producidos por la llamada “lechuga de campanario” o *Tyto alba*,<sup>26</sup> en tanto otros dijeron que se parecían a los de una víbora chifladora.

### Generador de ruido del Cerro de las Minas

Gonzalo Sánchez informó que en varias zonas de Oaxaca se han encontrado generadores de ruido similares a los encontrados de San Juan Raya. Uno de ellos corresponde a los dibujos del informe y notas de archivo de un proyecto de Gregory Pereira. Se trata de un resonador de piedra encontrado como parte de la ofrenda en una sepultura del Cerro de las Minas, Huajuapán, Oaxaca. Dado que el dibujo muestra la escala, calculo que sus dimensiones aproximadas son de 4 x 2.5 x 1 cm y corresponden a la fase *Ñudee* (300 a.C.- 200 d.C.). En relación con el artefacto,

Pereira señala que “un objeto de adorno en piedra de color beige se encontraba aproximadamente 10 cm, al este de la mano. Se trata de un paralelepípedo que presenta diversas perforaciones y de los cuales algunos ejemplares incompletos eran ya conocidos en el contexto no funerario” (Pereira, 1992: 60-61).

<sup>26</sup> La lechuza *Tyto alba* es de las más propagadas en todo el mundo y pertenece a la familia de las *Tytonidae*. Se distingue por un disco facial con forma de corazón y partes ventrales muy blancas en forma de T. Produce una gran variedad de sonidos.

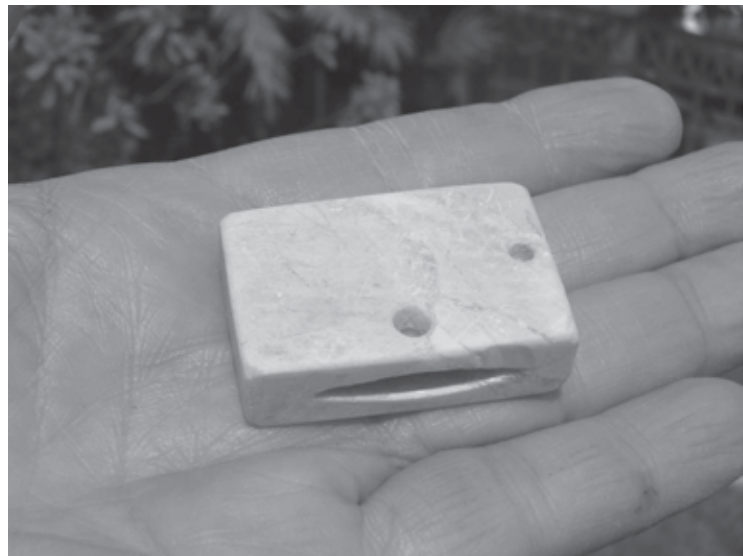


● Fig. 15 Generador de ruido bucal de mármol, San Juan Raya, Puebla.

Es importante señalar que fueron encontrados otros artefactos sonoros incompletos, y que el objeto descrito por Pereira pudo haber estado en la mano del sujeto. Encima del esqueleto, cerca del objeto, se encontraron fragmentos de mica. Se cree que estos resonadores son muy antiguos, pero el objeto del Cerro de las Minas es el primero de tales artefactos que ha podido encontrarse en un contexto arqueológico bien determinado. El funcionamiento de los modelos experimentales (fig. 16) de este resonador —realizados en mármol, con diámetro del canal bicónico de 1 mm— es muy parecido a los artefactos sonoros de mármol y serpentina de San Juan Raya. Para operar estos generadores de ruido la lengua puede colocar abajo del resonador, aunque en el modelo del objeto encontrado en el Cerro de las Minas también se puede colocar en la parte posterior. Los sonidos generados son como silbidos de intensidad considerable y pueden generarse en un rango de altura variable, periódica e intermitente al cerrar y abrir el canal inferior con la lengua, así como otros más comple-

jos, si se excita con vocalizaciones y se forma un resonador variable en volumen colocando las manos frente a la abertura de la cámara de caos. Los sonidos pueden alterarse al cambiar el canal para la entrada del aire por el del lado posterior. Experimentalmente he comprobado que pequeñas variaciones en las dimensiones del mecanismo sonoro de este diseño pueden alterar los sonidos producidos; así, cuando en otro modelo experimental los canales bicónicos tuvieron un diámetro mayor, de 2 y 3 mm, los sonidos generados resultaron ser diferentes. Lo más interesante del artefacto del Cerro de las Minas es que fue lo-

calizado en un contexto funerario antiguo, lo que sugiere su relación con la muerte, sus rituales y el viaje al otro mundo. Es por ello que podría designarse como generador de ruido de la muerte, y formaría parte de un nuevo campo muy especializado de investigación: arqueología sonora de entierros o sepulturas. Como el periodo al que pertenece dicho artefacto está bien determinado, su morfología, dimensiones y función sonora pueden servir como testigo



● Fig. 16 Modelo de generador de ruido bucal de piedra beige.



tecnológico y cultural, a fin de ser correlacionado con objetos similares de otras zonas. Por ejemplo, la fase estimada de los sitios popolocas de San Juan Raya es posterior, pero no hay evidencia arqueológica que pruebe la fase temporal de los resonadores de esa zona, porque fueron encontrados en la superficie y podrían pertenecer a una fase anterior. Se ha visto que los materiales líticos para construir esos generadores de ruido abundan en la zona. El diseño especial muy similar indica que existió una relación de conocimiento o comercio y uso de esa tecnología sonora entre los pueblos de esas dos zonas, aunque también existe la posibilidad de que haya sido producto de uno de ellos, por su cercanía y traslape regional y porque se localizan en un corredor muy transitado en el pasado.

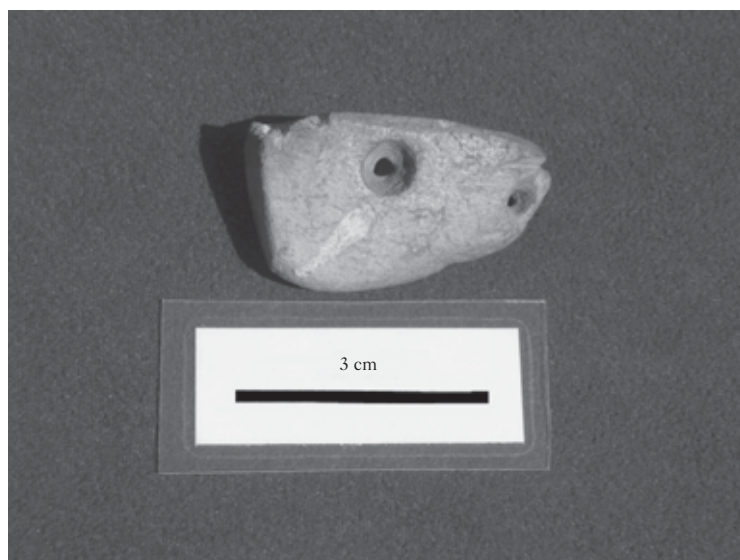
### Generador de ruido del Barrio de la Cruz

Pereira informó de un objeto lítico similar encontrado en Barrio de la Cruz, San Juan del Río, Querétaro, relacionado con ritos funerarios y dado a conocer por Fernando González Zozaya: “se trata de una representación zoomorfa tallada en un fragmento de piedra volcánica” (González, 2003: 50). Procede de cribas de remoción de zanjas de la ofrenda 3, que es la más dañada. Junto a dicha ofrenda, compuesta de seis vasijas, se localizaron las osamentas de un hombre y una mujer, separadas por un espacio de 3-5 m. La exploración corresponde a un rescate arqueológico realizado en noviembre-diciembre de 1999. González informó que este contexto funerario data de 700-900 d.C., pero al haberse encontrado objetos de rellenos y espacios reocupados los artefactos líticos podrían ser más antiguos, quizá de 500-700 d.C. Sin embargo, como el objeto funerario no pudo contextualizarse de manera adecuada, bien podría corresponder a un periodo cultural de

mayor amplitud. Se supone que el material cribado, que también incluye cuentas en concha, puede estar asociado al contexto funerario, pero es imposible comprobarlo espacialmente porque los objetos encontrados no constituyen un contexto adecuado debido a las zanjas, rellenos y espacios reutilizados. Es el primer resonador antiguo con una representación zoomorfa en su exterior. Los generadores de ruido bucales pueden producir sonidos semejantes a los de varios animales, y se cree que pudieron ser usados como llamadores (gamitaderas), a fin de atraer a la posible presa. De manera experimental, se ha comprobado que el resonador encontrado en el Cerro de la Cruz puede construirse muy bien dentro de objetos zoomorfos y antropomorfos. El resonador (fig. 17) fue analizado en la oficina de Juan Carlos Saint-Charles en Querétaro, comprobándose que puede producir sonidos fuertes (Velázquez, 2007a).

### Análisis comparativo de los sonidos

A la derecha de la gráfica comparativa (fig. 18) se muestran cuatro espectrogramas de sonidos cortos de los generadores de ruido bucales de roca examinados directamente: el instrumento de ilmenita, los popolocas de mármol y de roca



● Fig. 17 Generador de ruido bucal de roca volcánica, Barrio de la Cruz, San Juan del Río, Querétaro.

gris, y el de piedra volcánica.<sup>27</sup> Los cuatro sonidos tienen frecuencias de ruido similar, lo que confirma que pertenecen a la misma familia ruidosa; sin embargo, presentan diferencias en cuanto a rango de frecuencias, altura e intensidad de las crestas más fuertes, generadas por las variaciones de estructura y dimensión de sus corazones sonoros.

La presión sonora, medida con un sonómetro a un metro y cero grados, es de 99, 97, 93 y 110 dB, que equivalen a una potencia acústica radiada máxima de 0.1, 0.063, 0.025 y 1.26 watts, respectivamente. Esa comparación espectral y de potencia permite determinar ciertas diferencias entre los sonidos de cada uno de los cuatro generadores de ruido examinados. El sonido más fuerte correspondió al de piedra volcánica perforada, y el más bajo al de roca gris. El nivel de potencia indica que los sonidos podrían ser escuchados en un radio de hasta 200 m en plazas o recintos ceremoniales.<sup>28</sup> Es interesante observar que las frecuencias más altas corresponden al rango de mayor sensibilidad auditiva de los humanos (1-6 KHz), lo cual explica su impacto considerable, y por ello diversos animales podrían escucharlos a una gran distancia del punto de emisión.

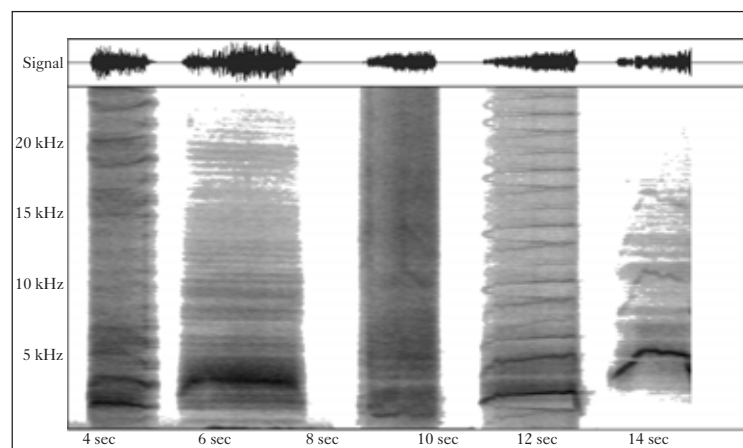
### Posibles usos originales

Aun cuando no es posible determinar el uso original de estos resonadores antiguos, se encontraron diversos indicios que permiten presentar algunas hipóte-

<sup>27</sup> El archivo con los cuatro sonidos cortos analizados en el espectrograma pueden escucharse en la página electrónica <http://www.geocities.com/isgma04/Ilmenita/4rocas.mp3>

<sup>28</sup> Los mejores modelos experimentales se probaron en las instalaciones deportivas del IPN de Zacatenco, donde los sonidos se pudieron escuchar hasta en un radio de 200 m, imponiéndose al ruido de una cortadora de pasto. Los modelos del generador de ruido de ilmenita mostraron un alcance de hasta 100 m, lo cual significa que sus sonidos se podrían escuchar en la explanada o plaza de cualquier centro ceremonial.

sis de trabajo para investigaciones posteriores. Se piensa que el más probable es de tipo onomatopéyico, pues pudo constatarse que los sonidos son semejantes a los de ciertos animales, y es posible que se hayan utilizado para imitarlos, con el propósito de cazarlos o para representarlos en ceremonias y ritos. En ese sentido, el indicio más importante y preciso corresponde al proporcionado por los popolocas, quienes asociaron su sonido con el de la llamada lechuza de campanario, que aún vive en su ecosistema y en otras zonas. Para examinar tal semejanza se analizaron los sonidos grabados de esa lechuza común, *Tyto alba*, misma que puede emitir diversos sonidos que varían en función de la edad y el sexo. Espectralmente se pudo comprobar que el sonido de la lechuza pequeña (Brinzal, 2008: 1) —cuyo espectrograma se muestra en la fig. 18— se asemeja al generado por varios generadores de ruido bucales. Este resultado confirma la semejanza entra ambas clases de sonido y que, por tanto, los resonadores pudieron usarse para imitar a la lechuza. También muestra la necesidad de estudiar determinados sonidos de la fauna mexicana, con el propósito de reconocer, al menos en parte, el espacio sonoro de nuestros remotos antepasados y su relación con entornos como el de la cacería.<sup>29</sup>



● Fig. 18 Espectrogramas de sonidos de una lechuza pequeña y de los generadores de ruido bucales de ilmenita, mármol, roca gris y roca volcánica.

<sup>29</sup> No sólo los restos de animales recuperados de sitios arqueológicos se pueden analizar, ya que aún subsiste una gran cantidad de ellos que con sus voces pueden decirnos

En ese sentido puede señalarse los relatos del uso de voces *tahui* hacia las cuatro partes del mundo para cazar venados (Ruiz de Alarcón, 1953: 84), al igual que los petroglifos de instrumentos sonoros en rituales de cacería de venados, como en el caso de los megáfonos (Mountyoy, 1999: 62-63) del Cañon de Ocotillo, Jalisco, y que datan aproximadamente de 300 d.C. En nuestros días aún existen llamadores de animales<sup>1</sup> o gamitaderas como las utilizadas para cazar venados *Mazama gouazoubira* en la zona maya (Boddington, 1999: 78).

Los generadores de ruido bucales encontrados en entierros sugieren un uso funerario o mortuario, y en una fuente documental se menciona un silbato antiguo relacionado con sacrificios. Como se menciona una palabra en náhuatl, se pueden analizar sus posibles semejanzas sonoras. En la fuente se menciona un instrumento utilizado al momento de sacrificar a los esclavos del banquete: “(...) tocaban un instrumento que se llamaba *chichtli*, que decía *chich*, (y el tocar) este instrumento era señal para que les arrancaran los cabellos del medio de la cabeza” (Sahagún, 1997: 512). Se obtuvo un espectrograma comparativo, en el que puede apreciarse (fig. 19) la similitud entre el sonido del modelo de generador de ruido y las voces de la palabra *chich*. Esta relación ya se había examinado con generadores de ruido como el de embocadura tubular, también llamado silbato de la muerte, pero la similitud es mayor con el resonador bucal porque es más versátil la forma de excitarlo. Dicha relación se ha reforzado y enriquecido con otras fuentes documentales e iconográficas; por ejemplo, uno de los significados de *chichtli* es lechuza (Télez, 1999: 1) y otro es un tipo de silbato con el que jugaban los niños (Rémi, 1977: 98). Al *chichtli* también se le llamó *chichilitli* (Sahagún, 1997: 928). Es bien sabido que la lechuza es uno de los animales de la noche, y que por ello reviste un significado muy rico y hasta misterioso en la mitología antigua. La lechuza aparece asociada con conceptos impor-

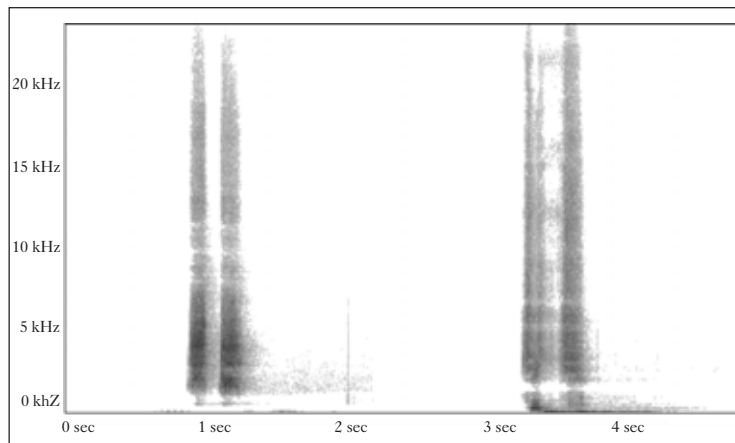
tantes como *iztli* y Mictlantecuhtli (muerte), pues se le consideraba mensajera de esta deidad y se le llamaba Yautequiua, en tanto emisaria del señor y la señora del infierno (Sahagún, 1997: 273). También aparece asociada al enigmático y poderoso concepto de la noche, y al espejo humeante Tezcatlipoca. En varias páginas de internet se encontró la referencia a un texto sobre un silbato que puede ser un generador de ruido antiguo: “La fiesta más importante consagrada a Tezcatlipoca era el *Tóxcatl*, que se celebraba en el quinto mes. En esa ocasión se le sacrificaba un joven honrado como representación del dios en la tierra, guarnecido con todos sus atributos, entre ellos un silbato, con el que producía un sonido semejante al del viento nocturno por los caminos”.<sup>30</sup>

Los sonidos de los generadores de ruido bucales se parecen a los de algunos venerados fenómenos de la naturaleza, entre ellos el viento, por lo que también se pueden asociar a Ehecatl, quien a su vez se relaciona íntimamente con deidades tan importantes como Mictlantecuhtli. En varias de sus representaciones duales se muestran unidos por la espalda —como las de las láminas 53 y 74 del Códice Borgia—, y en otras se relacionan con Quetzalcoatl. El pico de Ehecatl, con el que se cree barría las nubes de los cielos para que lloviera, tiene la forma interna del corazón sonoro de los generadores de ruido. Si el aire o el viento se usaban en ceremonias o rituales, estos resonadores pudieron utilizarse para imitarlos, pues los fenómenos naturales no están sujetos a la voluntad humana.

Aunque no tienen perforaciones tonales, es posible cambiar la altura de los sonidos si se forma un resonador variable con las manos en el exterior y alrededor de la boca. También se puede alterar la altura y el timbre de los sonidos si se cambia el ángulo del generador de ruido al ser tocado. Se ha visto que los sonidos y efectos más complejos de los aerófonos y los sonadores

algo acerca de los gustos de nuestros antepasados. Sus sonidos actuales son iguales a los que producían sus ancestros.

<sup>30</sup> No he podido encontrar la fuente documental original de ese texto, aunque se localizó otro similar (Spence, 1913:1) relacionado con la misma fiesta de Toxcatl: “He carried also the whistle symbolical of the deity, and made with it a noise such as the weird wind of night makes when it hurries through the streets”.



● Fig. 19 Espectrogramas de sonidos de un modelo de generador de ruido bucal y de las voces *chich*.

de viento se generan al aprovechar todas las posibilidades acústicas del sistema acoplado, como sucede, por ejemplo, cuando a las insuflaciones se agregan vocalizaciones, vibraciones de la lengua o fonemas especiales.

Se ha constatado que los sonidos de dichos instrumentos sonoros pueden producir efectos especiales si se tocan dos o más al mismo tiempo. La gran cantidad de artefactos multiperforados de ilmenita encontrados en un sitio posibilita que se hayan podido usar en grupos. Los sonidos de dos modelos experimentales tocados al mismo tiempo resultan ser dos veces más fuertes e impresionantes que cuando se tocan individualmente, y se parecen más a los que producen los vientos fuertes. Se estima que si se opera un grupo reducido de artefactos de ilmenita pueden generarse efectos muy fuertes y de gran impacto auditivo, como en el caso de los sonidos fantasmas generados en el cerebro como resultado de las distintas dimensiones de estos dispositivos. Si esas diferencias son pequeñas, los batimientos pueden ser infrasónicos (con sus frecuencias fuertes abajo de 20 Hz). Los batimientos infrasónicos pueden producir efectos especiales en el ser humano, entre ellos estados alterados de conciencia o sinestesia, como los generados por los vasos silbadores peruanos cuando se tocan varios al mismo tiempo (Garret y Statnekov, 1977: 449-453). Estos generadores de ruido pudieron usarse para generar estados alterados de conciencia, quizá

con propósitos terapéuticos, ya que sus efectos podían aumentar al escucharse en espacios cerrados. Si bien los batimientos infrasónicos no resultan perceptibles para el oído humano, sí genera efectos en el cerebro. Es por ello que existen técnicas de audio que utilizan dos señales estereofónicas, ruido blanco o algún ruido natural como fondo, para generar batimientos infrasónicos en el cerebro y ayudar a mejorar la salud física y mental de las personas (Monroe, 2008: 1).

## Conclusiones

Entre los trabajos más relevantes a futuro está el de analizar los artefactos líticos de San Lorenzo Tenochtitlan, para ver si tienen propiedades sónicas similares al generador de ruido de ilmenita aquí estudiado. Se estima que esa hipótesis es muy probable, al menos para los que quepan en la boca,<sup>31</sup> dado que su morfología parece coincidir con el mecanismo sonoro del artefacto examinado. El descubrimiento de una cantidad masiva de objetos líticos similares da más importancia a los estudios sobre sus propiedades sonoras y los posibles usos de los generadores de ruido, ya que no se ha encontrado en la literatura otro objeto arqueológico de roca de dureza similar y en tal cantidad. Sería importante investigar la hipótesis sonora de los “artefactos multiperforados de ilmenita” encontrados en San Lorenzo, pues de confirmarse su capacidad para producir señales como las de los resonadores antiguos, el concepto cultural y tecnológico acerca de los olmecas podría ser revalorado, pues confirmaría su dominio de técnicas organológicas y acústicas especiales que

<sup>31</sup> Para probar los artefactos multiperforados de almenitas sin introducirlos en la boca, se podrían excitar con un tubo acoplado para introducir la insuflación o aire a presión de un tanque y con un resonador de Helmholtz unido a la pieza, adaptando una prensa o pinza durante el experimento.

hasta ahora no han sido apreciadas o reconocidas en la literatura arqueológica. La posibilidad de su uso sonoro se ha incrementado por el descubrimiento de varios generadores de ruido con mecanismos acústicos y sonidos similares.

Es recomendable tratar de aplicar todas las técnicas de micro análisis disponibles para ver si es posible encontrar pequeñas cantidades de material reconocible, trazas mecánicas o signos del posible uso tecnología de construcción. Se podrían realizar experimentos lapidarios con diversos métodos, cortadores y materiales abrasivos para ver si es posible encontrar en las superficies trabajadas rastros de su perforación. Para ello se solicitó ayuda a Emiliano R. Melgar Tisoc, quien analizó con microscopio electrónico las superficies del generador de ruido de ilmenita; en su reporte de resultados señaló no haber encontrado rasgos microscópicos de corte similares y proporcionó dos micrográficas, una a 100 X (fig. 20) y otra a 1 000 X (fig. 21), que ya muestran superficies de la cámara de caos.

Los maestros que diseñaron, trabajaron y usaron tan extraordinarios instrumentos líticos desde hace tres milenios dominaban una tecnología que incluso ahora no es fácil de reproducir. Si bien los trabajos experimentales sobre construcción de modelos sonoros han permitido explorar posibles procedimientos de tecnología an-

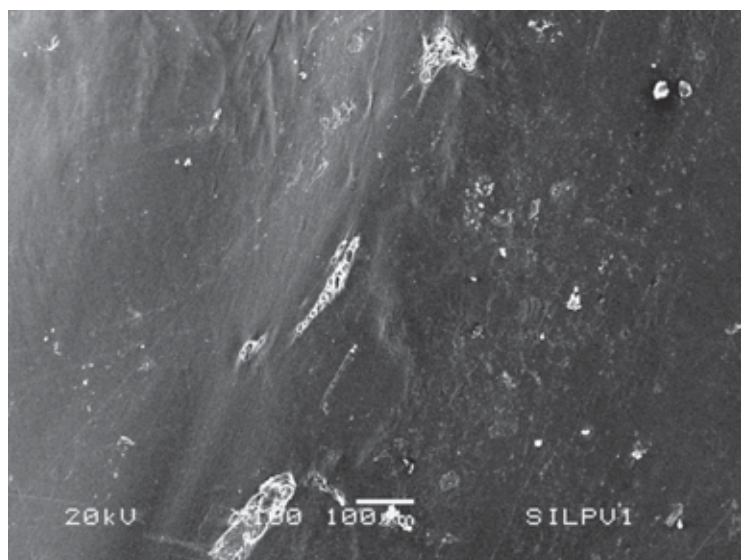
tigua usando materiales de la naturaleza, los detalles se podrían reportarse en otro documento.

Si se reconoce que los “artefactos multiperforados de ilmenita” de San Lorenzo Tenochtitlan son generadores de ruido, la siguiente duda a dilucidar se refiere a su posible uso original. Es posible realizar experimentos con tales artefactos para determinar sus efectos en seres humanos, ya que sólo se requiere operarlos al mismo tiempo; sin embargo, deben llevarse a cabo con rigor y cuidado, pues los infrasonidos pueden ser peligrosos y afectar la salud. Además de que resulta más costoso realizar la investigación a partir de modelos experimentales, debe enfrentarse el hecho de que trabajar con infrasonidos y sus efectos en seres humanos es una actividad muy restringida, pues con base en esa tecnología pueden crearse armas letales o que dañan al ser humano,<sup>32</sup> aunque se empiezan a publicar artículos del tema (Fernández, 2007).

Este documento muestra que las herramientas y técnicas descritas pueden ayudar a analizar los sonadores antiguos y tratar de determinar su función sustantiva, así como los posibles procesos de construcción. El análisis organológico, lapidario y acústico quizá permitiría ayudar a establecer la autenticidad de tales objetos arqueológicos sonoros, y para explorar posibles correlaciones culturales y temporales. También

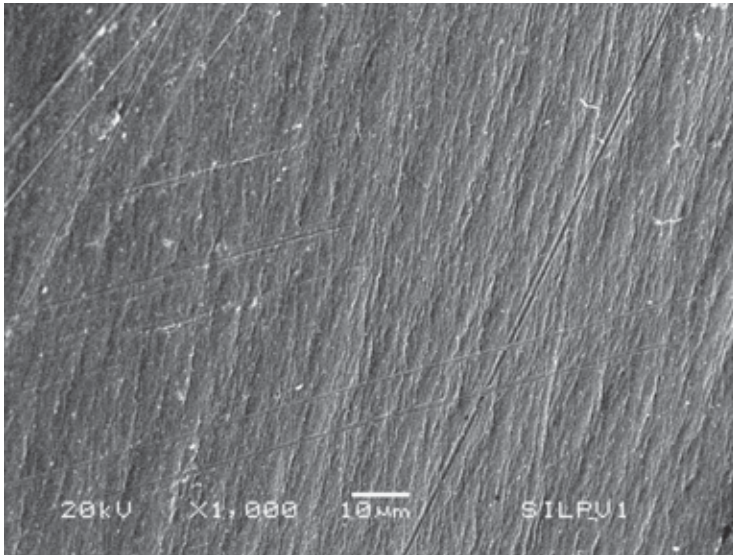
podrían servir para evaluar la fidelidad sonora de las copias que pudieran elaborarse. Como estas técnicas no han sido aprovechadas ampliamente por la arqueología, la antropología y la etnomusicología, se recomienda su estudio y aprovechamiento para generar una mejor comprensión de las tecnologías sonoras antiguas.

Dichas herramientas y técnicas también pueden servir para analizar el rico espacio sonoro mexica-



● Fig. 20 Micrografía de la superficie de la perforación principal de la ilmenita a 100 X, por Emiliano R. Melgar Tisoc.

<sup>32</sup> El intento de crear armamento a partir de tecnologías infrasonicas es descrito por Gerry Vassilator en “Sonic Weapon of Bladimir Graveau”, y puede consultarse en la página electrónica <http://www.borderlands.com/archives/ar>



● Fig. 21 Micrografía de la superficie de la perforación principal de la ilmenita a 1000 X, por Emiliano R. Melgar Tisoc.

no, que comprende tanto sonidos de lenguas indígenas e instrumentos de la etnomusicología, como grabaciones resguardadas en fonotecas y registros sonoros de los fenómenos naturales, tan importantes para las culturas del pasado. Se ha visto que también es posible analizar con técnicas acústicas los espacios, plazas y demás recintos arqueológicos, así como cuevas, grutas y cavernas donde los sonidos pudieron ser usados con propósitos rituales.

Es recomendable localizar y analizar los diversos tipos de generadores de ruido antiguos existentes en museos, colecciones y proyectos arqueológicos, para generar sus monografías y hacer comparaciones y correlaciones entre ellos y sus sonidos. Cada dispositivo sonoro recuperado, como el generador de ruido bucal de ilmenita, debería ser materia de estudios profundos en el nuevo campo de investigación de la arqueología sonora, incluso a nivel de estudios doctorales, como sucede con los objetos monumentales no sonoros (Casellas, 2004); sin embargo, para ello resulta indispensable que las instituciones educativas y de investigación los incluyan en sus programas de trabajo y proyectos de investigación.

Investigar la rica y singular organología del México antiguo —que en su gran mayoría ha sido destruida, prohibida, proscrita, sustituida,

despreciada, olvidada o arrumbada desde hace cinco siglos— puede servir para ayudar a rescatar, recrear, enriquecer o engrandecer, divulgar y promover el patrimonio nacional de la tecnología y el extraordinario arte sonoro milenario.

## Bibliografía

● Agrinier, Pierre  
1989. “Mirador Plumajillo, Chiapas, y sus relaciones con cuatro sitios del horizonte olmeca en Veracruz, Chiapas y la costa de Guatemala”, en *Arqueología*, núm. 2, pp. 19-36.

● Armengaud, Cristine  
1984. *Musiques Vertes*, París, Christine Bonneton Editeur.

● Beristáin, Sergio, Rolando Menchaca y Roberto Velázquez  
2002a. “Acoustic analysis of an Olmecan Whistle”, en *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 111, núm. 5, t. 2, p. 2395.

2002b. “Ancient Noise Generators”, en *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 112, núm. 5, t. 2, p. 2368.

● Beverido Pereau, Francisco  
1970. “San Lorenzo Tenochtitlan y la civilización olmeca”, tesis, Xalapa, Universidad Veracruzana.

● Boddington, C.  
1999. “The Americas’ Unknown Deer”, en *Petersen’s Hunting*, abril, pp. 74-79.

● Brinzal. Centro de Recuperación de Rapaces Nocturnos  
2008. Documento electrónico [http://www.brinzal.org/cantos/Tyto%20alba%20Pollo.wav].

● Casellas Cañellas, Elisabeth  
2004. “El contexto arqueológico de la Cabeza Colosal olmeca número 7 de San Lorenzo, Veracruz, México”, tesis, Barcelona, Departamento de Prehistoria-Facultad de Letras, Universidad Autónoma de Barcelona [http://www.tdx.cesca.es/

TESIS\_UAB/AVAILABLE/TDX-1125105-174042//ecc1de1.pdf].

- Coe, Michael D.  
1967. "San Lorenzo and the Olmec Civilization", Washington, D.C., Dumbarton Library [http://www.doaks.org/Olmec.pdf].
- Coe, Michael y Richard A. Diehl  
1980. *In the Land of the Olmec*, Austin, University of Texas Press.
- Contreras Arias, Guillermo  
1988. *Atlas Cultural de México. Música*, México, SEP/INAH/Planeta.
- Corinas, David y Manuel Carreiras  
2005. "Shepherds Whistle While They Work and Brains Process Sounds as Language", en *ScienceDaily* [http://www.sciencedaily.com/releases/2005/01/050106112603.htm].
- Cyphers Guillén, Ann  
1992. "Espacios domésticos olmecas en San Lorenzo Tenochtitlan, Veracruz, temporada 1992", informe del proyecto núm. 29-97, México, Archivo Técnico del INAH.
- Cyphers, Ann y Anna Di Castro  
1996. "Los artefactos multiperforados de ilmenita en San Lorenzo", en *Arqueología*, núm. 16, julio-diciembre, pp. 3-13.
- Dájer, Jorge  
1995. *Los artefactos sonoros precolombinos, desde su descubrimiento en Michoacán*, México, Fonca/ELA.
- Del Río, Marcela  
1962. "Instrumentos musicales prehispánicos", en *Diorama de la Cultura, Excelsior*, p. A.
- Di Castro Stringher, Anna  
1997. "Los bloques de ilmenita de San Lorenzo", en Ann Cyphers (ed.), *Población, subsistencia y medio ambiente en San Lorenzo Tenochtitlan*, México IIA-UNAM, pp. 153-160.
- Doize, R. L.  
1938. "Sifflets Ardennais en Pierre", en *Bulletin de la Société Royale Belge d'Anthropologie et de Préhistoire*, vol. 53, pp. 177-178.
- Franco, José Luis  
1971. *Musical Instruments from Central Veracruz in Classic Times. Ancient Art of Veracruz* (catálogo), Los Angeles County Museum of Natural History.
- Fernández Valencia, Diana C.  
2007. "Infrasound and its Effects on Humans", documento de trabajo, University of Sydney [http://web.arch.usyd.edu.au/~densil/DESC9137/Fernandez.pdf].
- Garret, Steven y Daniel Statnekov  
1977. "Peruvian Whistling Bottles", en *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 62, núm. 2, August, pp. 449-453.
- González Zozaya, Fernando  
2003. "Muerte y ritualidad funeraria en entierros y ofrendas. El caso del Barrio de la Cruz, San Juan del Río, Querétaro", tesis, México, ENAH-INAH.
- Horne, Richard  
2008. *Audio Spectrum Analysis. Spectrogram* [http://www.visualizationsoftware.com/gram.html].
- Jones E., Steven, Samuel T. Jones y David E. Jones  
1998. "Archaeometry Applied to Olmec Iron-Ore Beads", en *BYU Studies*, vol. 37, núm. 4, pp. 128-142.
- Menchaca, Rolando y Roberto Velázquez  
2000. "Análisis acústicos de artefactos sonoros de viento del México antiguo", en *Memoria del VII Congreso Mexicano de Acústica*, México, Instituto Mexicano de Acústica, pp. 89-90 [http://mx.geocities.com/curinguri/Azul80.pdf].
- Monroe Institute  
2008. "What is Hemi-Sink?", documento electrónico [http://www.monroeinstitute.com/].
- Mountjoy, Joseph B.  
2001. "Ritos de renovación en los petroglifos de Jalisco", en *Arqueología Mexicana*, vol. III, núm. 47, pp. 56-63.
- Payno, Luis A.  
2008. "Silbatos", documento electrónico [http://www.es-aqui.com/payno/inst/silbatos.htm].

- Pereira, Gregory  
1992. “Trois sépultures ñudée au Cerro de las Minas (Huaquapan, Oaxaca). Apport des observations ostéologiques dans l'étude des pratiques funéraires”, en *Trace*, núm. 21, juin, pp. 56-65.
  
- Ruiz de Alarcón, Hernando  
1953 [1629]. *Tratado de las supersticiones y costumbres gentílicas que oy uiven entre los indios naturales desta Nueva España* (edición de Francisco del Paso y Troncoso), México, Fuente Cultural; versión electrónica del texto disponible en la página electrónica del Instituto Cervantes [<http://www.cervantesvirtual.com/servlet/SirveObras/03693951900225939732268/index.htm>].
  
- Sahagún, fray Bernardino de  
1979. *Códice Florentino. Historia de las Cosas de Nueva España*, México/Florenia, Archivo General de la Nación/Biblioteca Medicea Laurenziana.
  
- Schöndube, Otto  
1986. “Instrumentos musicales del occidente de México: las tumbas de tiro y otras evidencias”, en *Relaciones*, vol. VII, núm. 28, pp. 91-93.
  
- Smith III, Julius O.  
2008. “Mathematics of the Discrete Fourier Transform (DFT) with Audio Applications”, documento de trabajo, Center for Computer Research in Music and Acoustics, Stanford University.
  
- Spence, Lewis  
2004 [1913]. *The Myths of Mexico and Peru*, Whitefish, Kessinger Publishing, texto completo en línea disponible en [<http://www.sacred-texts.com/nam/mmp/mmp1.htm>].
  
- Sweet, Palmer  
1982. “Industrial Rock and Mineral Resources in Virginia”, en *Virginia Minerals*, vol. 28, núm. 1, pp. 1-12.
  
- Velázquez Cabrera, Roberto  
2000a. “Aerófono de piedra negra”, en *Memoria de la Conferencia para el Congreso Internacional de Computación*, México, IPN, pp. 395-406 [<http://www.geocities.com/rvelaz.geo/tesis/piedra.doc>].  
2000b. “Ehecachichtli de metal”, documento electrónico [<http://geocities.com/rvelaz.geo/corcho/corcho.html>].  
2000c. “Estudio virtual de la gamitadera”, conferencia para el VII Congreso Mexicano de Acústica, Veracruz, México [<http://www.geocities.com/rvelaz.geo/gamitoi/cgamito.html>].  
2001. “¿Un aerófono mágico del inframundo olmeca?”, documento electrónico [<http://mx.geocities.com/curinguri/bucal/bucal.html>].  
2002. “Estudio de aerófonos mexicanos usando técnicas artesanales y computacionales. Polifonía mexicana virtual”, México, Centro de Investigaciones en Computación-IPN [<http://mx.geocities.com/curinguri/tesis7.doc>].  
2003. “Ehecachichtli. Generador de ruido bucal”, documento electrónico [<http://www.geocities.com/rvelaz.geo/bstone/smagico.html>].  
2004. “Toto de mármol: generador bucal de ruido de la zona olmeca/popoloca de San Juan Raya, Zapotitlán Salinas, Puebla. Ejemplo de monografía de un bien sonoro recuperado”, documento electrónico [<http://www.geocities.com/curinguri/popoloca/toto.html>].  
2006. “Generadores de ruido antiguos”, en *Gnosis. Revista Electrónica de la Universidad de Guadalajara* [<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/730/73000408.pdf>].  
2006a. “Ancient Noise Generators”, en Ellen Hickmann, Arnd Adje Both y Ricardo Eichmann (eds.), *Studies zur Musikarchäologie V: Music Archaeology in Contexts*, Rahden, Leidorf, pp. 255-272 [<http://www.geocities.com/isigma04/ang/Velazquez.pdf>].  
2006b. “Silbato de la Muerte. Ehecachichtli o generador de ruido con aeroducto tubular”, documento electrónico [<http://www.geocities.com/ehecat192/judio/judio.html>].  
2007a. “Generador de ruido bucal de La Cruz”, documento electrónico [<http://www.geocities.com/isigma04/BC99/sonadork.html>].  
2007b. “Visualización de la dinámica del aire en el mecanismo sonoro de los generadores de ruido mexicanos”, documento electrónico [<http://www.geocities.com/isigma04/caos/caos.html>].



- Velázquez Cabrera, Roberto y Blas Castellón  
2007. "Totó ngi'wa. Generador de ruido bucal de  
piedra gris", documento electrónico [[http://  
www.geocities.com/isgma04/toto2/toto2.html](http://www.geocities.com/isgma04/toto2/toto2.html)].

