

SONIDOS PULSANTES: SILBATOS DOBLES PREHISPÁNICOS ¿Una estética ancestral reiterativa?

Arnaud Gérard A.¹

SoundLab—Carrera de Física
UATF—Potosí

RESUMEN

Dos silbatos prehispánicos dobles, probablemente de la cultura Inca, están contruidos de tal manera que emiten, en ambos casos, sonidos con pulsaciones o batimiento. Pues cada silbato consta de dos tubos de longitudes levemente desiguales que al ser sopladados simultáneamente emiten sonidos con frecuencias también ligeramente distintas de tal manera que la suma de ambos provoca un sonido de amplitud periódicamente fluctuante. Estos sonidos ancestrales se relacionan estrechamente con los sonidos pulsantes de las tropas actuales de zampoñas y los sonidos multifónicos con redoble de las flautas de Pan prehispánicas con “tubos complejos”² y ciertas flautas de pico, étnicas y actuales, del área andina de Bolivia.

Descriptor: Acústica, Instrumentos Musicales.

1. ANTECEDENTES

1.1. PULSACIONES O BATIMIENTO

La interferencia de dos ondas sinusoidales de frecuencias próximas y de misma amplitud da lugar a una onda con amplitud modulada que va de un máximo de dos veces la amplitud de la onda individual (suma constructiva cuando están en fase) hasta una amplitud nula (suma destructiva cuando están desfasadas a 180°) y esta modulación es periódica (véase fig. 1). Si las ondas no tienen la misma amplitud, la amplitud máxima de la interferencia será menor a dos veces la amplitud mayor y la amplitud menor de la interferencia no será nula. Asimismo, a menor diferencia de frecuencia entre las dos ondas, mayor será el periodo de pulsaciones e inversamente. Este fenómeno es conocido como pulsaciones o batimiento y en ondas sonoras se escucha como una vibración pulsante.

Además Leipp (1984) da una relación que permite calcular el número de pulsaciones por segundo o frecuencia de pulsación, a partir de las frecuencias de las ondas que interfieren ν_1 y ν_2 :

$$\text{Frecuencia de pulsación} \equiv \phi = \nu_1 - \nu_2 \quad (1)$$

Ahora si la onda no es sinusoidal, la cosa se complica un poco. En el caso de un sonido complejo de serie armónica, para la frecuencia fundamental ocurrirá exactamente igual que para el caso del sonido sinusoidal. Para el segundo armónico, la diferencia entre las frecuencias de las ondas que interfieren va a ser el doble de la diferencia entre sus fundamentales. Esto quiere decir que la frecuencia de pulsación será el doble también. Y así sucesivamente. Es decir que la frecuencia de pulsaciones

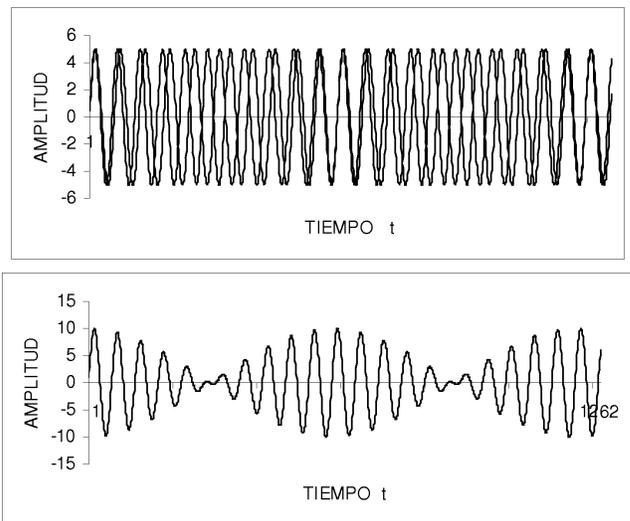


Figura 1. Amplitud como función del tiempo de la interferencia de 2 ondas de misma amplitud con frecuencias ligeramente diferentes (arriba las 2 ondas, abajo la suma con pulsaciones o batimiento).

es proporcional al número del armónico. La forma de la envolvente de la amplitud dependerá mucho de las amplitudes relativas de los diferentes armónicos.

El fenómeno de pulsaciones tiene también mucho que ver con el concepto de consonancia y disonancia. Pues la armonía de dos notas es consonante por la razón de los armónicos que tienen en común (grado de parentesco) que resulta ser el intervalo numérico teórico. Helmholtz (1885) indica que si el intervalo numérico no es exactamente igual al intervalo teórico, el acorde se vuelve duro, y si se aparta demasiado, el acorde pierde su carácter de consonancia. Prácticamente significa esto que si el intervalo numérico no es exactamente igual al intervalo teórico, las frecuencias de los armónicos en común no serán

¹Email: gerardardenois@yahoo.es

²Pérez de Arce, 1993: 474; 1998: 25; 2000: 233.

exactamente iguales y por tanto se presentará batimiento sobre los armónicos en cuestión y que a mayor dureza habrá mayor batimiento (frecuencia mayor de pulsaciones).

1.2. LAS TROPAS DE INSTRUMENTOS MUSICALES NATIVOS EN LOS ANDES DE BOLIVIA

Las pulsaciones o batimientos, en el contexto etnomusicológico de los aerófonos andinos de Bolivia, tiene una importancia trascendental. Pues, en el caso particular de las zampoñas³, estas se tañen por “tropas”. La “tropa” esta compuesta por lo general de instrumentos del mismo tamaño que tocan al unísono y por instrumentos a la octava baja y a la octava alta que tañen la melodía en octavas paralelas, acompañados por membranófonos (tambores, bombos, cajas, *wanqaras*⁴, etc...). En la tropa puede presentarse también tamaños a dos octavas por debajo o por encima del tamaño mediano así como otros intervalos como la quinta paralela o la cuarta paralela e incluso la tercera y la sexta paralela u otros intervalos más disonantes. En la investigaciones sobre las siringas andinas (Gérard, 1999), lo que se advierte de la totalidad de las mediciones de alturas efectuadas aquella vez, es que los unísonos entre los mismos tamaños en la tropa no están muy igualados (a veces las diferencias son hasta de un tono o más), que las octavas no son exactamente justas, las quintas tampoco, etc. y todo ello con un comportamiento algo caótico. Muchos etnomusicólogos afirmaron que la afinación era tosca, imprecisa o grosera. Y aquí otra anécdota que ocurrió al autor hace años:

“En mi taller experimental de fabricación de aerófonos, un día construí una tropa de sikus afinados a la escala temperada y precisamente igualados entre sí, a la manera occidental o mestiza, a solicitud de un conjunto folklórico urbano. Pero pasaron los días, las semanas y los meses y los clientes no vinieron a recoger su pedido así que me decidí en poner esta tropa de sikus urbanos a la venta. Un día de estos, se aproximó un grupo de *comunarios*⁵ que parecían ser de algún pueblo cercano a la ciudad de Potosí y solicitaron poder probar dicha tropa de instrumentos. Tocaron y tocaron largo rato, luego devolvieron los instrumentos sin pedir precio ni nada más y se fueron. Antes de esto les pregunté que les parecían los sikus y me respondieron: están bien, pero están q’ayma⁶. Este comentario también me hizo pensar mucho” (Gérard, 1999: 159).

³Zampoña en castellano se refiere a una clase mestizada de flautas de Pan o siringas, generalmente llamadas *siku* en lenguas nativas aymará y quechua.

⁴*Wankara*: es un bombo, un poco plano, que se toca verticalmente.

⁵*Comunario*: es una deformación regional de la palabra comunero.

⁶Q’ayma significa desabrido, insípido (Lara, 1971: 227).

Entonces, una tropa bien igualada, con unísonos casi perfectos y octavas casi justas, que cumple con los requerimientos de los grupos urbanos según reglas occidentalizadas, no suena bien para los *comunarios*. La razón es que en la estética andina se aprecia justamente esta dureza, incluso hasta la pérdida de la consonancia, con pulsaciones o batimiento, pero es más, no con una desigualdad estándar, sino con un comportamiento caótico, que provocaría un efecto desigual, no monótono, de sorpresa. Sin embargo, dentro de cierto margen, ciertas desigualdades pueden corregirse por el campo de libertad de altura con que cuenta el intérprete para modificar la misma según su habilidad.



Figura 2. Una tropa de *ayarichis* de Tarabuco (Chuquisaca); se interpretan en cuasi octavas y cuasi unísonos paralelos.

Estas desigualdades en las frecuencias paralelas de las tropas de aerófonos son sistemáticamente más pronunciadas en los instrumentos que parecen tener un origen más antiguo, como los ayarachis o ayarichis⁷ por ejemplo. A modo de muestra se presenta a continuación el análisis de un sonido grabado in situ, de una tropa de ayarichis de Tarabuco-Chuquisaca (véase fig. 2) que tocan en paralelo (casi unísono y casi octava), interpretados por *comunarios* del lugar, donde se advierte claramente una fuerte pulsación (presente además en toda la grabación) tal como puede observarse en los oscilograma y sonograma de la figura 3.

1.3. “TUBOS COMPLEJOS” Y SONIDOS PULSANTES EN INSTRUMENTOS PREHISPÁNICOS

Realmente el autor ignora si se trata de una secuencia de continuidad tecnológica o si los dos hechos son algo aislados, pero así como los andinos obtuvieron pulsaciones mediante la emisión simultánea de sonidos paralelos ligeramente desigualdos (esto significa pares de tubos con longitudes también un poco desiguales), también obtuvieron un sonido pulsante mediante el empalme longitudinal de dos tubos de diferentes diámetros, denominado “tubo complejo” por Pérez de Arce (Pérez de Arce, 1993: 474; 1998: 25; 2000: 233), el mismo que se muestra esquemáticamente en la figura 4.

⁷Ayarachis o ayarichis: son siringas o zampoñas indígenas, de 5 a 7 tubos de caña hueca “carrizo”, generalmente gruesas, muy tañidas en la parte centro y Sur andina de Bolivia (Gérard, 1998).

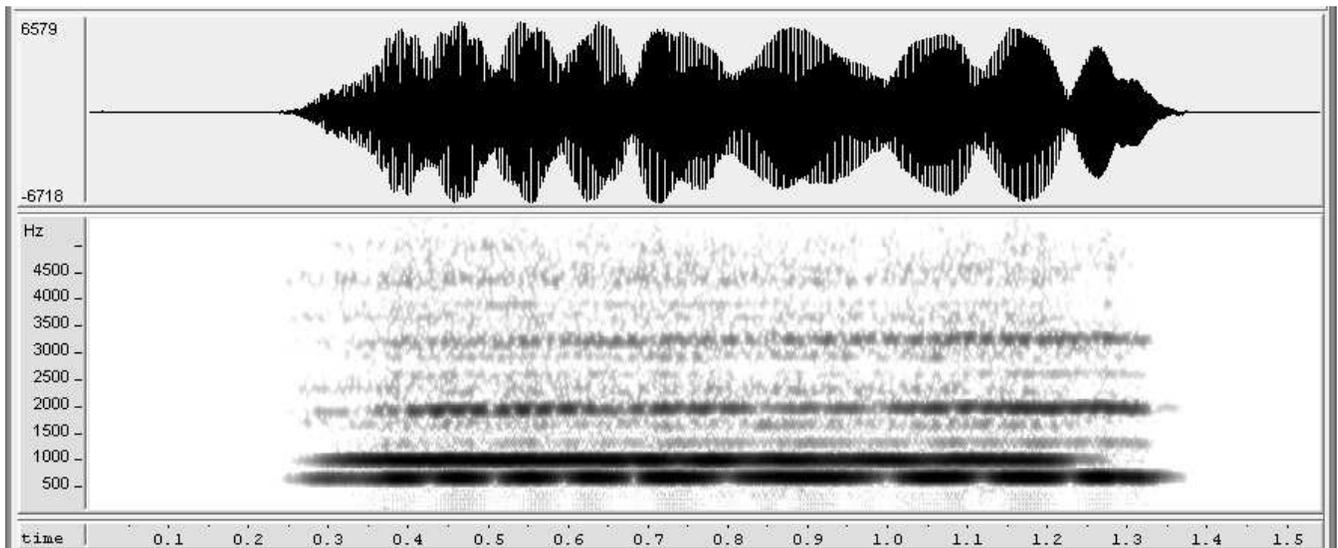


Figura 3. Sonido de una tropa de ayarichis de Tarabuco (Chuquisaca) tocando en paralelo, extraído de una grabación realizada in situ; arriba: forma de la onda (amplitud función del tiempo); abajo: sonograma de banda ancha (frecuencias función del tiempo); se advierte claramente el efecto de pulsación o batimiento, tanto sobre la envolvente de la onda como las interrupciones de las rayas espectrales en el sonograma (nótese que la frecuencia de pulsación es proporcional al número del armónico tal como se señaló en el anterior acápite). (Todos los diagramas de análisis FFT del presente trabajo fueron realizados en el laboratorio personal del autor: IEA (Instituto de Etnomusicología y Acústica).)



Figura 4. Tubos empalmados: son dos cañas de diferente diámetro, Pérez de Arce los llama tubos complejos.

Esta técnica fue luego reproducida en instrumentos monolíticos de madera, cerámica y piedra. Un sólo tubo individual (bordón) es un instrumento musical llamado pifilca que todavía se interpreta por ejemplo en Chile (Pérez de Arce, 1993, 1995, 1998, 2000); si son varios tubos de longitudes crecientes, colocados en línea y atados entre sí, llega a ser una siringa o flauta de Pan, llamada *antara*, *siku* o *ayarachi* en idiomas nativos. Pérez de Arce señala varias culturas prehispánicas, de la costa, lado Pacífico, del Perú y de Chile, que fabricaron e interpretaron “*antaras*” con tubos complejos tal como Paracas, Nazca, Atacama, Aconcagua, Mapuche, etc. (Pérez de Arce, 1993: 483). Este autor indica que estos tubos complejos, particularmente las pifilcas de Chile emiten un sonido llamado “Rajado”.

En los dos artículos “Sonido Rajado” de Pérez de Arce publicados en la “Galpin Society Journal” (1998, 2000) así como en el artículo “Análisis of the Sound of Chilean Pifilca Flutes” de H. A. K. Wright y D. M. Campbell (1998) se encuentra un amplio estudio del sonido “rajado”, definido “como sonido extremadamente fuerte, intenso, y enérgicamente disonante que es característico de las flautas pifilcas”. (Pérez de Arce, 1998:17).

Mi persona tuvo la oportunidad de estudiar una de estas siringas líticas prehispánicas con tubos complejos (véase fig. 5), encontrada en un monumento funerario ubicado cerca de Yura al suroeste de Potosí, el mismo

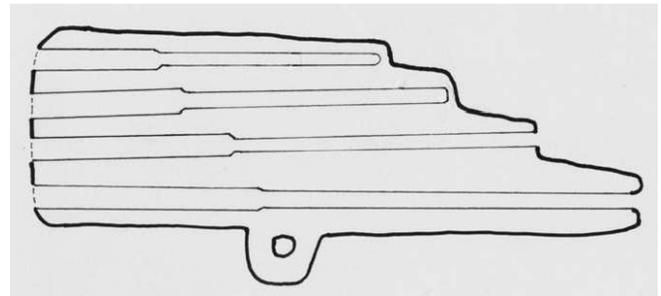


Figura 5. Vista en corte de la siringa de Yura de los Museos Charcas de la ciudad de Sucre; los tubos presentan cambios de diámetro en sus secciones transversales.

que pertenece a la colección de los Museos Charcas de Sucre y cuyos resultados fueron publicados en un anterior trabajo (Gérard, 2004).

En aquella investigación se encontró que algunos de los tubos presentaban efectivamente un sonido **multifónico** tipo “redoble” como lo llama Michèle Castellengo del *Laboratoire d’Acoustique Musicale* (LAM) de la Universidad de Paris VI (Castellengo, 1982; Assayag, Castellengo, Malherbe, 1985) del cual mostramos el sonograma en la figura 6.

La percepción audible de este efecto sonoro es algo parecido al batimiento o pulsación: pues se oye un sonido fuertemente pulsante o vibrante.

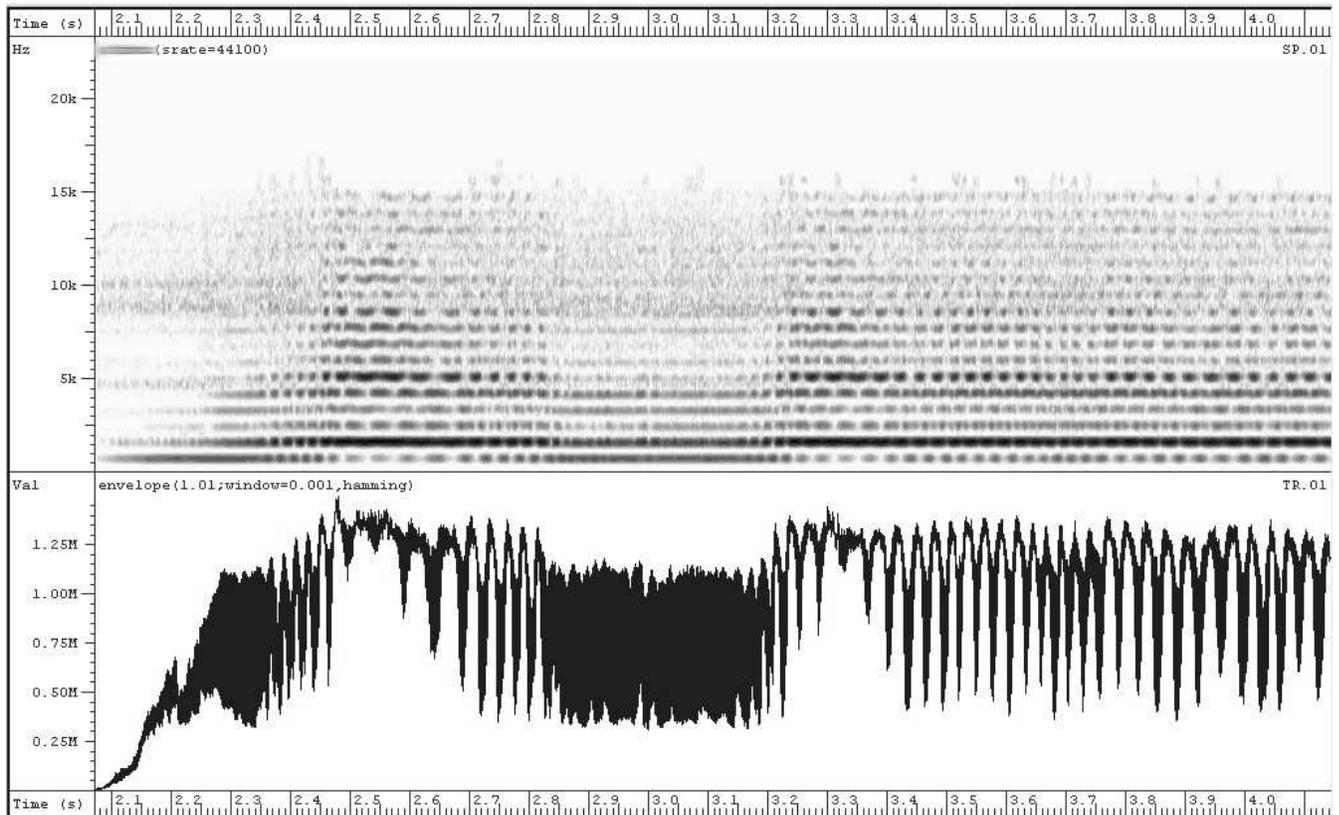


Figura 6. Sonido multifónico tipo “redoble” de la siringa prehispánica de Yura; arriba: sonograma; abajo: envolvente de la onda; se observa claramente una oscilación periódica de la amplitud, así como las interrupciones de las rayas espectrales en el sonograma; aquí la periodicidad de fluctuación es la misma para todos los armónicos en oposición al efecto de pulsación.

1.4. SONIDOS PULSANTES EN PINKILLOS ANDINOS ACTUALES

Toda una gama de *pinkillos*⁸ actuales de las zonas andinas rurales de Bolivia, principalmente de tiempo de Carnaval, son tradicionalmente tañidos con este mismo sonido multifónico con “redoble”. Se trata de las *tarkas*, *anatas*, *karnawal pinkillos* del Norte de Potosí, los *lawatos* del centro sur de Potosí (*saripalkas*, *malichus*, *challus*, *onrras*, etc.). Este sonido es denominado por los *comunarios* como *tara* (Stobart, 1996) o *richa* (Borras, en prensa) y se caracteriza por ser gritón, estridente, para retomar las denominaciones de Émile Leipp (Leipp, 1984), pues se trata de un sonido rico en armónicos, pero con armónicos superagudos muy intensos que son discretamente detectable al oído y además con un marcada oscilación de la intensidad, conocido como “redoble” (Castellengo, 1982:7) por lo que se podría calificarlo de “pulsante”. En una anterior publicación, los resultados de un primer trabajo de análisis de estos sonidos fueron ya presentados (Gérard, 1997).

En la figura 8 se presenta el sonograma de un sonido multifónico típico, con redoble, producido por una *tarka*.

Michèle Castellengo señala que los sonidos multifóni-

cos son favorecidos entre otros por discontinuidades del alma que favorezcan parciales inarmónicos (Castellengo, 1982: 3), lo que es justamente el caso de los *pinkillos* con “*tara*” como la *tarka* (véase fig. 7).

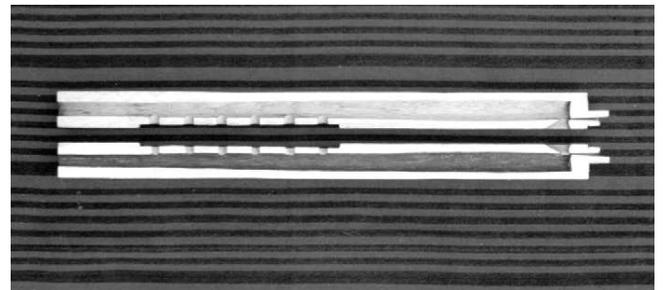


Figura 7. Se trata de la foto de una *tarka* partida en dos de manera longitudinal; se observa claramente el cambio de diámetro del alma.

1.5. NUESTRA ANTERIOR HIPÓTESIS

Hace algunos años, el autor (Gérard, 1997) sostuvo una primera hipótesis de trabajo en cuanto a una posible evolución secuencial de las tecnologías del sonido pulsante (véase fig. 9), que sostenía que tal vez en una primera instancia se hubiese manejado instrumentos ligeramente desiguales que tocan en casi unísonos paralelos, provocándose batimiento; luego por alguna razón se

⁸Pinkillos: son flautas andinas actuales, rectas, de pico, con canal de insuflación, provistas de perforaciones laterales de digitación; no queda claro qué tipo de flautas fueron los pinkillos en la época precolombina.

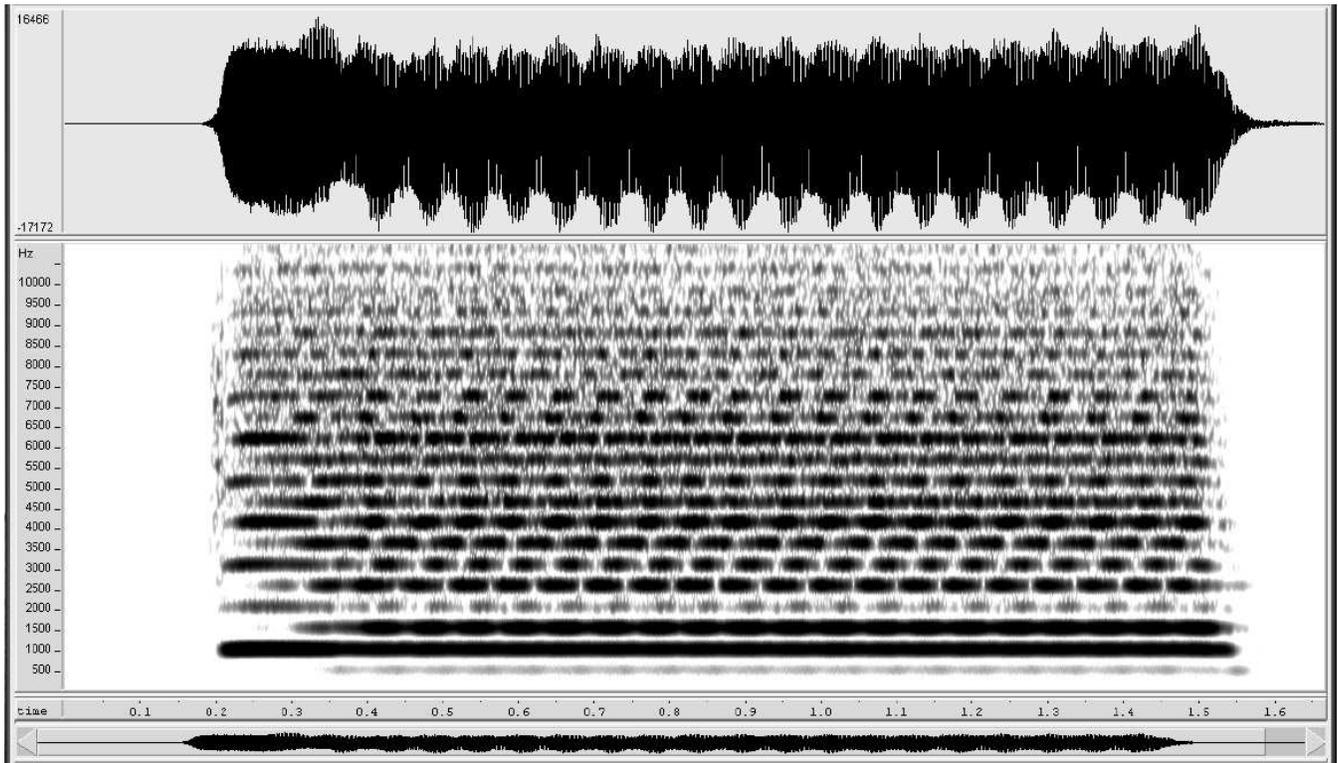


Figura 8. Sonido pulsante “tara” típico producido por una tarka; arriba: forma de la onda; abajo sonograma de banda ancha. Se advierte la oscilación periódica de la amplitud en la envolvente de la forma de la onda y las interrupciones de las líneas espectrales en el sonograma.

empalmaron dos tubos un poco desiguales, obteniéndose otro efecto fenomenológicamente diferente, lográndose un sonido multifónico con redoble, que a la semejanza del anterior es un sonido pulsante. Finalmente, en ciertos *pinkillos* contemporáneos, los *luriris*⁹ crean desigualdades en la sección del alma (conducto de la perforación interna), con lo que logran también “redoble” (*tara* o *richa* como se indicó anteriormente). Con la reflexión de los años, quizás se tuviera que cuestionar el orden y la lógica de esta supuesta secuencia, que caería dentro de una teoría evolucionista muy simplificadora y lineal. Pero queda claro que los tres casos estudiados, es decir dos tubos ligeramente desiguales que inducen batimientos, dos tubos empalmados con longitudes y secciones diferentes, y variaciones en la sección del alma de ciertas flautas rectas con redoble, tienen en común dos aspectos de extrema importancia, ya que los tres casos provienen de la combinación de dos cosas a la vez similares, pero también con sutiles diferencias:

- **dos** tubos en paralelo (de longitudes un poco diferentes); **dos** tubos empalmados (de diámetro y longitudes diferentes); **dos** partes del alma (diferencias del diámetro de la sección, estrecho y ancho).
- y por otro lado, los tres casos indicados emiten sonidos pulsantes, oscilantes (fluctuaciones periódicas

o casi periódicas de la intensidad), en el primer caso el fenómeno es batimiento o pulsación mientras que en los segundo y tercer casos se trata de sonidos multifónicos con redoble (Castellengo, 1982; Gérard, 1997).

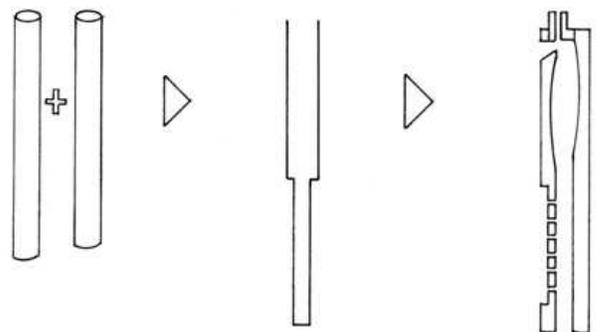


Figura 9. En un anterior artículo se presentó una hipótesis sobre la evolución secuencial de los sonidos pulsantes.

Tal vez la “lógica evolutiva” y el orden secuencial de esta hipótesis no corresponde a lo que ocurrió sino que a lo mejor fueron descubrimientos separados, por grupos humanos diferentes, en espacios distintos, pero poblaciones probablemente interconectadas e interrelacionadas. No debemos soslayar el hecho de que desde los tiempos arqueológicos más remotos existieron constantes con-

⁹ *Luriri*: (Aymará) Fabricante nativo, aquí de instrumentos musicales.

xiones, intercambios¹⁰, viajes, comercio, movimiento y trueque de objetos de diversa índole por ejemplo con las caravanas de llamas (Lecoq, 1984, 1987, 1988), sin hablar de las diferentes conquistas internas por grupos dominantes, que dieron lugar a una cierta expansión con sincretismo de pensamientos, cosmovisiones, idiosincrasias, creencias, tecnologías, técnicas, modos de producción, gustos, estéticas, etc., que sin lugar a dudas condujeron a ciertos universalismos en el comportamiento andino; se quiere insinuar aquí que la idea de que la **yuxtaposición de dos partes a la vez semejantes y a la vez un poco distintas generaría sonidos pulsantes o vibrantes**. Primero deberíamos recordar que simbólicamente el número **2** es trascendental dentro de la cosmovisión y el simbolismo andino, como el *awqa* (pares antagónicos) y *yanantin* (pares semejantes) (Bouysson-Bey, 1987; Platt, 1976) y de igual manera el sonido pulsante parece ser una constante dentro del gusto y de la estética acústica lo que nos fue reiterado por los comunarios (incluyendo la anécdota relatada en el acápite 1.2 de este artículo). Pero además parece existir una relación lógica entre la concepción dual y el sonido pulsante, pues en la estadía de Henry Stobart en el campo de Macha al norte de Potosí le dijeron:

“El sonido tara me fue descrito como “mezclado”, más específicamente tara dijese ser “dos sonidos” o algo que suena con “dos bocas”. Este contraste con q’iwa que se describe como un sonido claro (“se oye bien clarito, eso se llama q’iwa”) y se especifica como solitario y sin doble (“un solo sonido, no tiene doble”). . .”

“... Siempre al hablar del sonido tara, la cualidad vibrante de la “r” sería enfatizada, haciendo un sonido “arr” con la “r” doble...., también Hornberber (1983) da el verbo quechua TARANTACHAY: “Temblar, por ejemplo de espanto. Esto recalca el sonido vibrante, zumbido del pinkillo tara.”

Del mismo modo en el diccionario de aymará (De Lucca, 1987: 154) leemos:

“Tara: Ancho, doble, dicese de las cosas que tienen aspecto de ser dos.”

Sin embargo al escuchar un sonido de *tarka*, o *pinkillo* de carnaval o un *lawato*, se oye un sonido gritón, estridente, rico en armónicos y parciales agudos y, fuertemente vibrante. Por los varios armónicos y parciales audibles se lo califica de multifónico (Castellengo, 1982: 2). Pero no se escucha dos sonidos sino un conjunto de

¹⁰Olga Gabelmann en excavaciones de horizontes del formativo (1300 A.C. a 200 D.C.) en el Valle Alto de Cochabamba encontró por ejemplo fragmentos de malaquita, artefactos de basalto y oro que no son originarios de esta región, pero también conchas marinas de la familia pectinidae que provienen de la costa del Pacífico lo que muestra intercambios con zonas lejanas en épocas tempranas (Gabelmann, 2004: 69, 70, 77).

sonidos más o menos discretos¹¹. Por tanto el autor plantea hipotéticamente que *tara* no se refiere exactamente a dos sonidos, sino que para lograr un sonido vibrante, originalmente se necesitaba de **dos tubos**, ya sean **separados** (batimiento) ya sean **empalmados** (multifonías con redoble), reiterándose parcialmente la anterior hipótesis.

2. SILBATOS DOBLES CON PULSACIONES

2.1. ANTECEDENTES SOBRE LOS SILBATOS DOBLES

En el catálogo del Museo Chileno de Arte Precolombino se presentan varios silbatos dobles (Museo Chileno de Arte Precolombino, 1982), lo que respaldaría una presencia notoria de esta tipología de instrumento en la región. Luego Isikowitz¹² (1935) ostenta interesantes aportes en cuanto a los silbatos precolombinos (véase fig. 10). Indica que se encontraron ejemplares arqueológicos en la parte este de los Andes, en el Chaco y Amazonas. Muestra varios ejemplares de silbatos dobles de cerámica que guardan gran semejanza con los que se estudiaron en este trabajo. A continuación se reproduce el dibujo de un silbato doble encontrado en Chimbote (Ecuador):

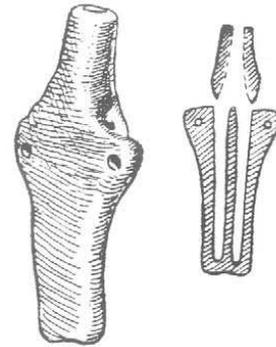


Figura 10. Silbato doble de arcilla, con conductos de aire, originario de Chimbote Colección Baessler (Isikowitz, 1935: 361).

Y más allá agrega:

“This system of doubling the whistles is spread over the entire territory and reaches its height in the valley of Mexico and in Peru” (Isikowitz, 1935: 376).

Finalmente José Pérez de Arce nos envió muy gentilmente la ficha de un silbato doble de cerámica encontrado en Arica-Chile (fig. 11) expuestos en el Museo Chileno de Arte Precolombino con el número de registro MCHAP 2772 y su foto junto a otro instrumento semejante (fig. 12), que se parecen bastante a los que se estudian aquí por lo que se los presenta a continuación. Estos instrumentos no tienen datos de contexto.

¹¹Se usa la palabra discreta en el sentido matemático, es decir discernible, separado.

¹²Gentileza de José Pérez de Arce.

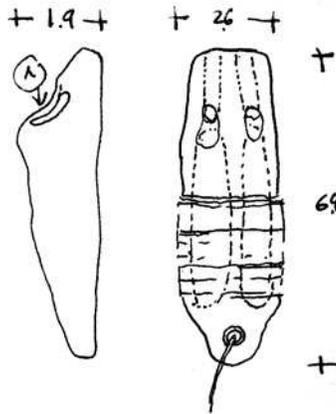


Figura 11. Esquema de un silbato doble encontrado en Arica—Chile muy parecido a los silbatos estudiados en el presente trabajo (gentileza de José Pérez de Arce—Museo Chileno de Arte Precolombino).



Figura 12. El mismo silbato junto a otro, encontrados en Arica—Chile (Gentileza de José Pérez de Arce—Museo Chileno de Arte Precolombino).

2.2. LOS INSTRUMENTOS OBJETO DE LA MEDICIÓN

Son dos silbatos que se encuentran en el Museo Taki de la ciudad de Cusco en la república del Perú (véase fig. 13). Fueron comprados por su propietario, nuestro amigo y músico, Kike Pinto, a un huaquero¹³ que ofrecía todo tipo de objetos arqueológicos. De tal manera, que muy lamentablemente se trata también de objetos totalmente descontextualizados. Sobre el particular fueron consultados especialistas del “Proyecto Waylla Kepa” de Lima. Waylla Kepa es un proyecto interdisciplinario que trabaja en el registro de la colección de casi 2000 instrumentos musicales del Museo Nacional de Arqueología con la publicación de catálogos y un taller de fabricación de réplicas. A partir de fotos digitales de los silbatos enviadas por el autor, Milano Trejo junto a otros especialistas del proyecto indican que no existe ejemplares similares en la colección del Museo y que por el tipo de pasta, la manufactura y los acabados corresponderían al periodo

¹³Huaquero: viene de la palabra quechua wak'a: . . . , cosa sagrada, ofrenda, . . . , todo lo sobrenatural (Lara, 1971: 306); se trata de los ladrones de tumbas precolombinas que vienen saqueando todas las riquezas arqueológicas, destruyendo a gran velocidad todos los vestigios de las antiguas culturas.



Figura 13. Los dos silbatos dobles del Museo Taki del Cusco.

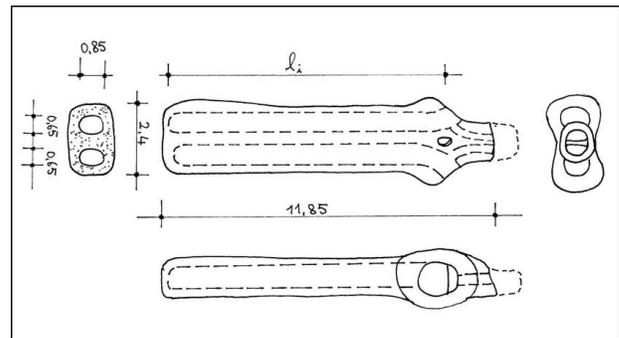


Figura 14. Esquema aproximado del doble silbato mayor.

Inca de ascendencia serrana y a la vez se podría afirmar que fueron ambos silbatos construidos por el mismo alfarero. Los mismos expertos arguyen además, que la temperatura de cocción debió superar los 700 °C, y que la técnica de fabricación fue el modelado con un decorado dicromático (colores blanco y negro) y un pulido anterior al horneado que explica el brillo de la superficie de la pasta.

2.2.1. DESCRIPCIÓN

Se trata de dos silbatos tubulares dobles (fig. 13). Pertenecen a los aerófonos de la familia de las flautas, ya que la excitación acústica se produce por oscilación del chorro de aire alrededor de un bisel (en las “ventanas”). Además corresponden a las flautas de pico ya que están provistas de canales de insuflación, tal como las flautas dulces, los *pinkillos* andinos actuales o ciertos tipos de tubos de órgano. Los tubos son “bordones”, es decir cerrados en sus extremos distales y abiertos en sus extremos proximales, sin perforaciones laterales de digitación. Son de cerámica rojiza. Se trata de una pasta muy fina donde el antiplastificante no es visible. Tienen brillo por un pulido anterior a la cocción. Presenta líneas realizadas con engobe blanco y negro. Ambos instrumentos muestran trazas de patinado y grasa por su uso. Los extremos proximales de los picos están quebrados, de tal manera que los instrumentos están parcialmente incompletos, pero esto no altera en absoluto la parte acústica ya que ambos suenan perfectamente bien. Ahora lo ex-

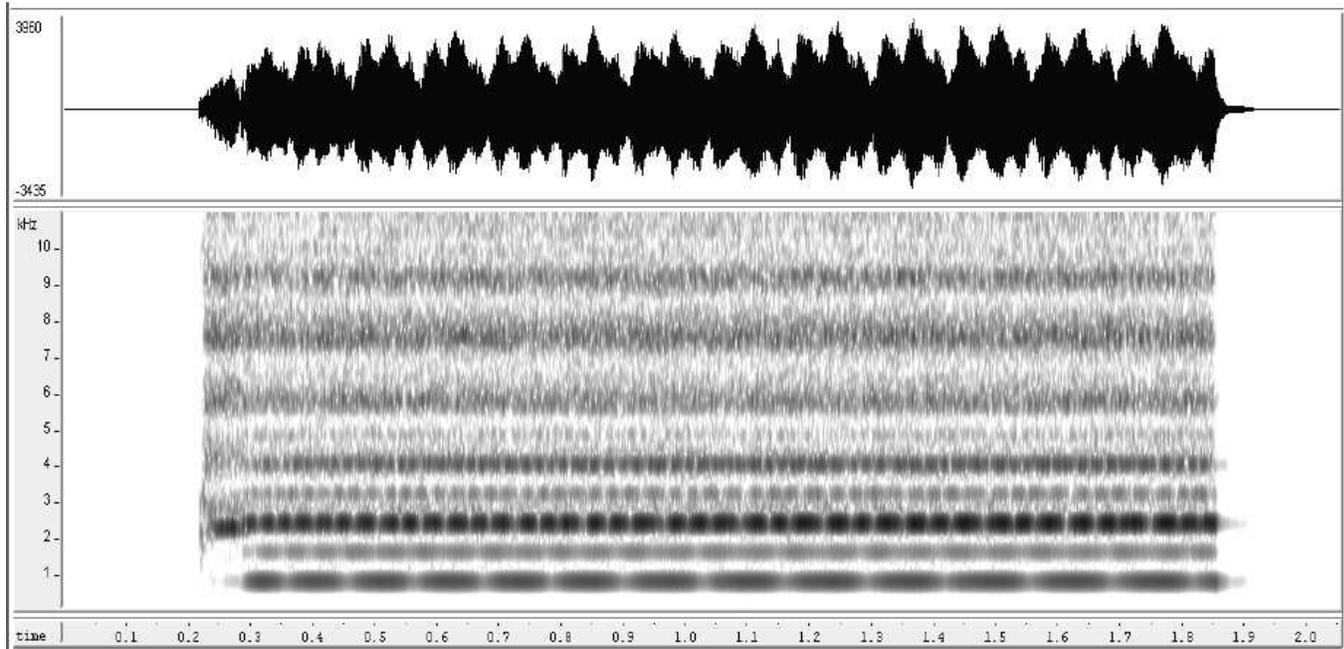


Figura 15. Sonido del silbato doble (mayor); arriba: forma de la onda; abajo: sonograma de banda ancha; se advierte claramente el efecto de batimiento o pulsación (19Hz).

traordinariamente interesante de estos instrumentos es que emiten sonidos con batimiento (pulsaciones), intencionalmente producidos, ya que fueron construidos con pares de tubos muy ligeramente desiguales (en un caso la diferencia es de un milímetro y en el otro caso es de 1,5 milímetro). Es un sonido dulce, suave, agudo y pulsante; el batimiento está presente en ambos instrumentos de tal manera que se trata inexorablemente de un efecto intencional¹⁴, lo que vendría a respaldar y consolidar todas nuestras hipótesis y observaciones de años sobre los sonidos pulsantes.

2.3. MEDICIONES Y RESULTADOS

2.3.1. Silbato mayor

Este instrumento mide aproximadamente 12 cm de largo máximo y 2,5 cm de ancho máximo. Las longitudes acústicas de los tubos l_i son de **9,80 y 9,90±0,025 cm**, es decir tienen una diferencia de longitud de tan sólo 1 mm mientras que sus secciones son ovaladas con ejes de 0,85 cm y 0,65 cm (véase fig. 14).

Las alturas de sonido medidas por separado con medidor de altura de sonido (de ambos tubos) son: **Sol₊₁+30 cents y Sol₊₁+50 cents** (forman un intervalo aproximado de 20 cents) lo que corresponde a las frecuencias 808 Hz y 817 Hz. Aplicando la fórmula (1) indicada por Leipp se encuentra una frecuencia de pulsaciones de:

$$\phi = \nu_1 - \nu_2 = (817 - 808) \text{ Hz} = 9 \text{ Hz}$$

¹⁴Por una parte al soplar estos silbatos siempre sale el batimiento; de otra manera: ¿cuál podría ser otra razón para conceptualizar un instrumento que emitiera dos veces el mismo sonido?

En el diagrama de la figura 15 (forma de la onda, sonograma de banda ancha, sonograma de banda estrecha) que corresponde al sonido emitido por el silbato de mayor tamaño se encuentra una frecuencia de pulsación de aproximadamente 8 Hz, de tal manera que existe bastante concordancia.

2.3.2. Silbato menor

Este instrumento mide aproximadamente 9 cm de largo máximo y 3 cm de ancho máximo. Las longitudes acústicas de los tubos l_i son de **6,85 y 7,00±0,025 cm**, es decir tienen una diferencia de longitud de tan sólo 1,5 mm mientras que sus secciones son casi circulares con un radio de 0,65 cm.

Las alturas de sonido medidas por separado con medidor de altura de sonido (de ambos tubos) son: **Do#₊₂+20 cents y Do#₊₂+50 cents** (formando un intervalo de 30 cents) lo que corresponde a las frecuencias 1122 Hz y 1141 Hz. Aplicando la fórmula (1) indicada por Leipp se encuentra una frecuencia de pulsaciones de:

$$\phi = \nu_1 - \nu_2 = (1141 - 1122) \text{ Hz} = 19 \text{ Hz}$$

En el diagrama de la figura 16 (forma de la onda, sonograma de banda ancha) que corresponde al sonido emitido por el silbato de menor tamaño se encuentra una frecuencia de pulsación de aproximadamente 17 Hz, así que existe también bastante concordancia. La diferencia entre el resultado calculado y el resultado experimental es debido a que al soplar ambos tubos a la vez, ambas frecuencias no conservan exactamente el valor medido por separado (esto es audible). Fue muy complicado medir, ya que la frecuencia de un solo tubo cambia notablemente con la presión de sople, de tal manera que se

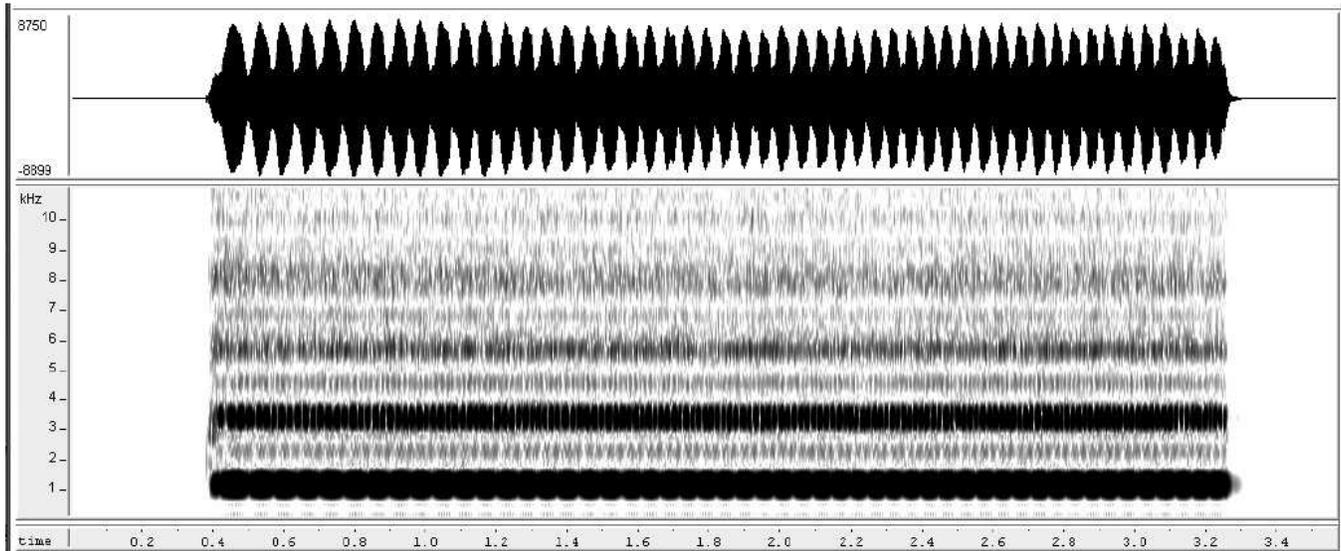


Figura 16. Sonido del silbato doble (menor); arriba: forma de la onda; abajo: sonograma de banda ancha; se advierte claramente el batimiento o pulsación. (17 Hz).

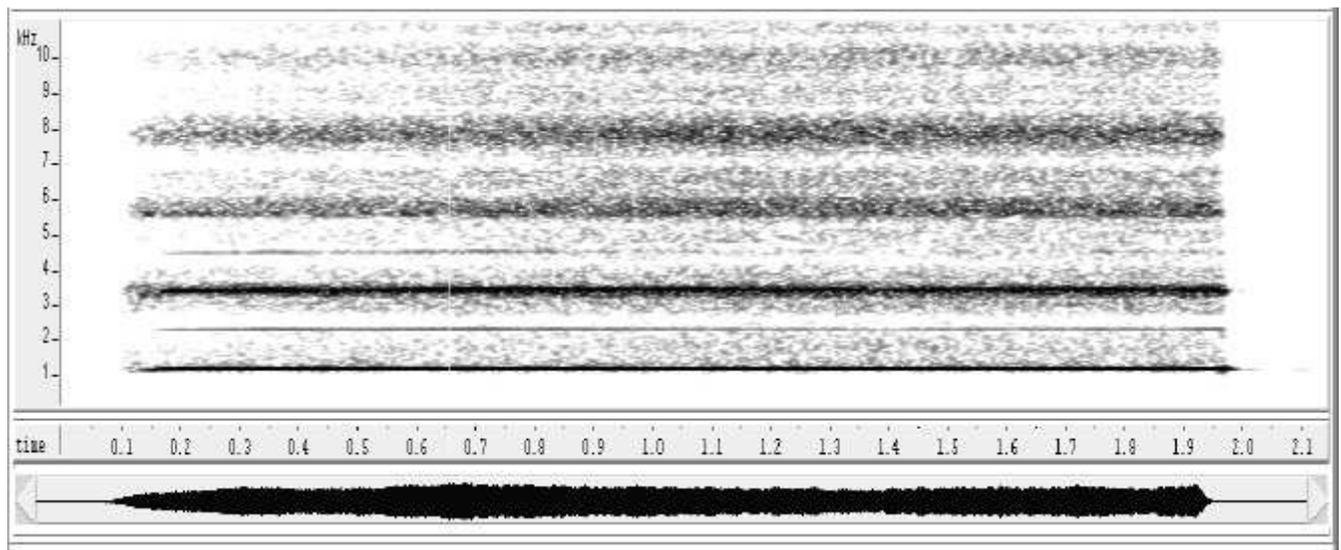


Figura 17. Sonograma de banda estrecha y forma de la onda del sonido de **un sólo tubo** del silbato menor (sin batimiento): la serie es armónica de tendencia impar con presencia de ruido de “viento” (puntitos), principalmente alrededor de los armónicos superiores.

trataría más de una demostración cualitativa que cuantitativa.

En el análisis FFT de la figura 17 (sonograma) del sonido de un solo tubo a la vez, muestra básicamente una serie armónica pobre, de tendencia impar (por ser un tubo bordón, es decir abierto-cerrado), sobre la cual se agrega un notorio ruido de viento “ffff” que se acumula en las cercanías de las resonancias, lo cual corresponde al timbre de un sonido suave, dulce, agudo, con ruido de viento, no muy lejos del sonido de zampoña.

2.4. UNA CONSIDERACIÓN MUSICAL

Desde un principio los dos silbatos venían juntos e incluso el arqueólogo Milano Trejo indica que probable-

mente los dos fueron construidos por un mismo artesano. De tal manera que **parece que estos silbatos forman “un par”**. Si fuese así hipotéticamente, sería interesante comparar las alturas de sonido de ambos (el intervalo musical entre instrumentos) así como las frecuencias de pulsación o batimiento.

Intervalo entre las alturas medias de ambos silbatos (véase fig. 18):

$$\text{Sol}_{+1} + 40 \text{ cents a Do}\#_{+2} + 35 \text{ cents} = 595 \text{ cents} \approx 600 \text{ cents}$$

(Equivale a 6 semitonos)

¡Lo que corresponde a una cuarta aumentada! Esto es interesante ya que es justamente el intervalo entre los

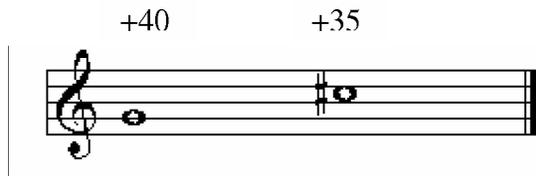


Figura 18. Intervalo entre los dos silbatos.

tamaños “taika” y “mala” de algunas tropas de tarkas¹⁵, así como de otros *pinkillos* aymaras actuales.

Pero no termina aquí, pues el sonido agudo $\text{Do}\#_{+2}$ tiene un batimiento que es casi el doble (17 Hz) del sonido Sol_{+1} del otro silbato (8 Hz), y por tanto las pulsaciones de ambos silbatos tocados a la vez encajan perfectamente bien ya que la pulsación del segundo armónico del sonido bajo ($2 \times 8 \text{ Hz} = 16 \text{ Hz}$) es casi igual a la pulsación del sonido agudo (17 Hz). **Así que estos dos silbatos tañidos al mismo tiempo presentan la misma tendencia acústica que algunas tropas actuales de aerófonos andinos quechuas y aymaras, es decir forman un acorde disonante de cuarta aumentada¹⁶ y con pulsaciones proporcionales (1/2), lo que reforzaría nuestra hipótesis de que forman un par.**

3. CONCLUSIONES

Los dos silbatos están formados por un par de tubos bordones (cerrados en los extremos distales y abiertos en los extremos proximales), unidos, provistos cada uno de un conducto de aire (boquillas con canales portaviento). El análisis geométrico muestra que los tubos tienen longitudes ligeramente diferentes (diferencias de 1 y 1,5 mm), lo que al ser sopladados ambos a la vez, provoca un efecto de pulsación o batimiento en la onda, que se escucha como una fluctuación o pulsación periódica de la intensidad de sonido (algo así como *wa wa wa...*) y las frecuencias de pulsaciones (8 y 17 Hz) corresponden aproximadamente a lo que se preveía.

Sin lugar a duda, este batimiento no es el efecto del azar, ya que por un lado, construir un silbato con doble nota idéntica no tuviera ningún sentido, ya que al doblar la fuente, no se dobla la percepción de intensidad (nivel sonoro), pues el oído humano escucha el logaritmo de la intensidad, por tanto al doblar la fuente sólo sube el nivel sonoro de $10 \log 2 = 3 \text{ dB}$ (lo que resulta prácticamente inaudible) y por otro lado, por la misma morfología del instrumento, es prácticamente imposible tocar un solo tubo a la vez¹⁷.

Por otro lado estos dos silbatos parecen formar un par musical, pues el intervalo entre las dos alturas de sonido es de una cuarta aumentada, lo que concuerda

con la afinación de algunas tropas de pinkillos quechuas y aymarás actuales.

Por tanto, lo que se encontró en este estudio acústico tiene una enorme importancia dentro de la comprensión de la estética andina de la música, pues existe una sorprendente correlación entre el comportamiento acústico de las tropas étnicas modernas y de muchos instrumentos prehispánicos, principalmente con la omnipresente pulsación o fluctuación periódica de la intensidad de sonido, ya sea mediante batimiento, ya sea mediante sonidos multifónicos que incluyen redoble, **los mismos que son producidos por un concepto dual: dos tubos ligeramente desiguales en paralelo o dos tubos ligeramente desiguales empalmados, simbolizados en la palabra quechua-aymará TARA: DOBLE.**

REFERENCIAS

- [1] Assayag, Castellengo, Malherbe. Nouvelles Techniques Instrumentales. Informe N° 38, Laboratoire d'Acoustique - Université de Paris VI, Paris 1985.
- [2] Bouysse-Cassagne, Harris, Platt, Cereceda. Tres Reflexiones sobre el Pensamiento Andino. Hisbol, La Paz 1987.
- [3] Borrás, Gérard. Organología de la tarka en la zona circumlacustre del Titicaca. En: Anata/Phujllay: Entre pinkillos y saxras". En prensa. Bolivia, 2007.
- [4] Castellengo, Michèle.
 - Contribution à l'Étude Expérimentale des Tuyaux à Bouche. Tesis de doctorado. Université Pierre et Marie Curie. Paris VI, 1976.
 - La Flûte Traversière a une Cléf. Bulletin du GAM N°97, Paris 1978.
 - Paramètres Sensibles d'un Tuyau d'Orgue à Embouchure de Flûte. Bulletin du GAM, N°42. Paris 1969.
 - Sons Multiphoniques aux Instruments à Vent. Rapports IRCAM. N° 34/82, Paris 1982.
- [5] De Lucca, Manuel.
 - Diccionario Aymara-Castellano, Castellano-Aymara. Comisión de Alfabetización y Literatura en Aymara Villamil de Rada, La Paz 1983.
 - Diccionario Práctico Aymara-Castellano. Enciclopedia Boliviana, Ediciones Los Amigos del Libro, Cochabamba 1987.
- [6] Gabelmann, Olga U. Santa Lucía – Producción de cerámica, patrón de asentamientos e intercambio en el periodo formativo del Valle Alto de Cochabamba. En: Jornadas Arqueológicas, pp.51-77 – CIAR. Sucre, 2004.
- [7] Gérard Arnaud.
 - Acústica de las Siringas Andinas de Uso Actual en Bolivia: Método y Conclusiones. En: La Música en Bolivia, de la prehistoria a la actualidad. Fundación Simón I. Patiño, pp. 497-526. Cochabamba, 2002.
 - Interpretación Acústica del Ayarachi “Yura” de los Museos Charcas. En: Jornadas Arqueológicas - Primera Versión, pp. 79-112” CIAR/Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca. Sucre, 2004.
 - Acústica de las Siringas Andinas de uso actual en Bolivia. Tomo 1 y 2. Informe de Investigación U. A. T. F., mimeografiado. Potosí, 1999.
 - Acústica de los ayarachis, una original sucesión de alturas de sonido. En: Revista Boliviana de física N° 4, año 4, Instituto de Investigaciones Físicas UMSA y Sociedad Boliviana de Física, La Paz 1998.

¹⁵¡Los acordes de quinta y cuarta rara vez son justos.

¹⁶Por lo general se trata de una quinta un poco corta; tenemos también ejemplos de tarkas donde la quinta es un poco mayor con tendencia a una quinta aumentada.

¹⁷Nosotros para lograr esto, hemos tenido que tapar una de las ventanas de las boquillas para volverlo mudo.

- La Acústica del Sonido Tara. En: Anales de la X Reunión de Etnología, MUSEF, La Paz 1997.
- Multifonías en Aerófonos Andinos de Bolivia. En: Revista Boliviana de Física, UMSA, N° 3, año 3, julio, pp. 40-59, La Paz 1997.
- Primera Aproximación a la acústica de la Tarka. En: Revista Boliviana de Física, N° 8, pp. 42 - 50. Instituto de Investigaciones Físicas UMSA y Sociedad Boliviana de Física. La Paz, 2002.
- [8] Helmholtz, Hermann L. F. On the sensation of Tone. Dover. New York 1954 (1885).
- [9] Isikowitz, Karl Gustav. Musical and other Sound Instruments of the South American Indians - A Comparative Ethnographical Study. Goeteborgs Kungl. Ventenskap-Och-Vitterhets-Samhaelles Handlingar. Goeteborg 1935.
- [10] Lara, Jesús. Diccionario Qheshwa-Castellano. Enciclopedia Boliviana, Los Amigos del Libro. La Paz 1971.
- [11] Lecoq, Patrice.
 - Caravanes de Lamas, Sel et Échanges dans une Communauté de Potosí, en Bolivie. En : Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines, T XVI, N°3-4, pp. 1-38, Lima, 1987.
 - Una ruta de la sal en el sud boliviano. Un informe de trueque anual de una caravana de llamas. En: Revista del Museo Nacional de Etnografía y Folklore, año 1, N° 1/2, pp. 163 a 216. La Paz, 1984-1988.
- [12] Leipp, Emile. Acoustique et Musique. Masson, París 1984.
- [13] Museo Chileno de Arte Precolombino. La música en el Arte Precolombino. Museo Chileno de Arte Precolombino. Santiago 1982.
- [14] Pérez de Arce, José.
 - Música en la Piedra - Música Prehispánica y sus Ecos en Chile Actual. Museo Chileno de Arte Precolombino. Santiago 1995.
 - Siku. En: Revista Andina, año 11, N° 2, diciembre, pp. 473-486, editor: Centro "Bartolomé de las Casas", Cusco 1993.
 - Sonido Rajado: The Sacred Sound of Chilean Pifilca Flutes. En: The Galpin Society Journal, julio de 1998, Londres 1998.
 - Sonido Rajado II: En: The Galpin Society Journal, abril de 2000, Londres 2000.
- [15] Platt, Tristan. Espejos y Maíz. CIPCA , La Paz 1976.
- [16] Stobart, Henry. Tara and Q'iwa - Worlds of Sounds and Meaning (primera versión inédita en 1992). En: Cosmología y Música en los Andes, Edit. : Max Peter Baumann - International Institute for Traditional Music, Vervuert Iberoamericana, pp. 67 - 81, Berlin 1996.
- [17] Wright, Campbell. Analysis of the Sound of Chilean Pifilca Flutes. En: The Galpin Society Journal, LI, pp. 51-63, Julio de 1998, Londres 1998.