

Sonidos «ondulantes» en silbatos dobles arqueológicos: ¿Una estética ancestral reiterativa?¹

Arnaud GÉRARD A.

SoundLab-Física, Universidad Autónoma Tomás Frías
gerardardenois@yahoo.es

Recibido: 8 de septiembre de 2008

Aceptado: 14 de octubre de 2008

RESUMEN

Dos silbatos prehispánicos dobles, probablemente de la cultura Inca, están contruidos de tal manera que emiten, en ambos casos, sonidos ondulantes, es decir con pulsaciones o batimiento. En efecto, cada silbato consta de dos tubos de longitudes levemente desiguales que, al ser soplados simultáneamente, emiten sonidos con frecuencias 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 flautas rurales del área andina de Bolivia y los sonidos multifónicos con redoble de *pinkillos* rurales vigentes, así como de las flautas de Pan y *pifilcas* precolombinas con «tubos complejos», lo que mostraría la continuidad de una estética y la tecnología para crearla, desde tiempos precoloniales hasta hoy.

Palabras clave: Tropas, tubos complejos, tara, silbatos dobles, sonidos ondulantes.

*The «undulating» sounds of archaeological double whistles:
continuities in an ancestral aesthetic?*

ABSTRACT

This paper examines two prehispanic double whistles, probably of Inca culture, both of which are constructed to emit sounds which undulate, in other words, with pulsations or beats. Each whistle consists of two tubes of slightly uneven lengths which, when blown simultaneously, emit sounds that are also slightly different in pitch, and when combined provoke periodic fluctuations in amplitude. These ancestral sounds closely resemble the pulsating sound quality of certain contemporary rural wind ensembles of the Bolivian Andes, such as the multiphonic and vibrant timbre of *pinkillu* flutes and of certain types of panpipes. The «complex tubes» of the contemporary Chilean *pifilka* and of other types of pre-Columbian panpipes also reveal continuity in aesthetic and in the technology to create it, from prehispanic times to the present.

Key words: Troop, complex tubes, tara, double whistles, undulating sounds.

SUMARIO: 1. Antecedentes. 2. Silbatos dobles con batimiento. 3. Conclusiones. 4. Referencias bibliográficas.

1. Antecedentes

1.1. Las tropas de instrumentos musicales nativos en los Andes de Bolivia

En el medio rural de los Andes de Bolivia, los *comunarios*² llaman «tropa» a un conjunto de flautas que tocan la melodía en una armonía de unísonos, octavas y, a

¹ Esta investigación forma parte de una serie de proyectos de acústica musical y organología a cargo del laboratorio de acústica (SoundLab) de la Carrera de Física de la Universidad Autónoma Tomás Frías de la ciudad de Potosí, Bolivia.

² *Comunario* es una deformación regional de la palabra comunero, es decir habitante de una comunidad rural en este caso.

veces, de quintas y cuartas paralelas o de terceras y sextas, incluso en paralelismos de acordes más disonantes (cuartas aumentadas, quintas aumentadas, etc.) acompañadas por membranófonos (tambores, bombos, cajas, *wanqaras*³, etc.). Por lo general, la tropa está conformada por una docena de instrumentos (o media docena, o dos docenas, etc.). En la tropa pueden presentarse, también, tamaños a dos octavas por debajo o por encima del tamaño mediano. En anteriores investigaciones sobre las zamponas andinas (Gérard 1999), lo que se advierte de la totalidad de las mediciones de alturas entonces efectuadas, 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 *sik'us* afinados a la escala temperada y precisamente igualados entre sí, a la manera occidental o mestiza, a solitud 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 decidí poner esta tropa de *sik'us*⁴ urbanos a la venta. Un día de estos, se aproximó un grupo de *comunarios* 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 qué les parecían los *sik'us* y me respondieron: «Están bien, pero están q'ayma⁵«. Este comentario también me hizo pensar mucho» (Gérard 1999: 159).

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 dureza⁶, incluso hasta la pérdida de la consonancia, con *pulsación* 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, algunas desigualdades pueden corregirse por el campo de libertad de altura con que cuenta el intérprete para modificar la misma, según su habilidad.

El efecto de *pulsación* o *batimiento* es un efecto físico-acústico que se presenta cuando dos fuentes (dos cuerdas, dos instrumentos musicales, dos voces, etc.) emiten simultáneamente casi la misma altura de sonido, es decir dos veces la misma nota pero con alturas ligeramente desiguales (figura 1, izquierda). En tal caso lo que ocurre es que las ondas de ambos sonidos se desfazan periódicamente y las dos ondas se suman sucesivamente de manera constructiva (cuando están en fase) y luego destruc-

³ Las *wanqaras* son membranófonos un poco más pequeños y planos que el bombo, como tambores grandes que se manejan verticalmente, colgando de la mano.

⁴ *Sik'u* es el nombre que se da a las zamponas rurales (flautas de Pan). Tanto en quechua como en aymará, en la parte centro-sur de Bolivia, se usa esta misma pronunciación, con la *k'* globalizada, lo que discutiré en un próximo trabajo. En la región circunlacustre (Titicaca) se pronuncia *siku*.

⁵ *Q'ayma* significa desabrido, insípido (Lara 1971: 227).

⁶ Se refiere al alejamiento de la consonancia perfecta, llamado «dureza» en el sentido en que lo define Helmholtz (1954 [1885]).

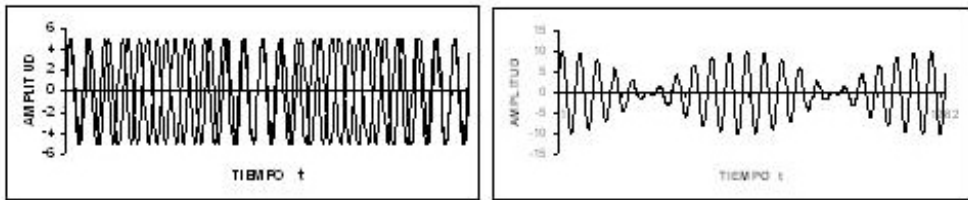


Figura 1: Interferencia de 2 ondas de misma amplitud con frecuencias ligeramente diferentes. Izquierda: las 2 ondas. Derecha: la suma con pulsaciones o batimiento.

tiva (cuando están desfasadas), dando lugar a una onda resultante ondulante o pulsante⁷ tal como se observa en la figura 1, derecha (se escucha *wa wa wa wa wa wa wa...*, más o menos rápidamente).

La frecuencia de pulsación dependerá del valor del intervalo entre las dos notas. 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 (1954) 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 esto significa que, si el intervalo numérico no es exactamente igual al intervalo teórico, las frecuencias de los armónicos en común no serán exactamente iguales y, por lo tanto, se presentará batimiento sobre los armónicos en cuestión y que a mayor dureza habrá mayor batimiento (frecuencia mayor de pulsaciones).

1.1.1. Un ejemplo: los *ayarichis* de Tarabuco (véase figura 2)

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 por ejemplo los *ayarachis* o *ayarichis*⁸ (Gérard 1998, 1999, 2002).

A modo de muestra se presenta a continuación el análisis (figura 3) de un sonido grabado *in situ*, de una tropa de *ayarichis* de Tarabuco (Chuquisaca, Bolivia) 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).

Como se indicó anteriormente, estas desigualdades por lo general se dejan de manera aleatoria. Sin embargo, algunos *comunarios* utilizan también un modo absolutamente controlado para provocar desigualdades con su subsiguiente batimiento; se trata de la técnica del *alto kunka* y *bajo kunka* señalada por Gérard Borrás (1998) en su artículo «‘Poco varía’, le sésame de l’organologie aymara», que cito a continuación:

«Le deuxième exemple concerne cette fois-ci des instruments de même famille et de même longueur. Ils sont en apparence absolument identiques. Seule l’analyse détaillée permet de constater que l’emplacement de chaque trou de jeu est placé légèrement plus

⁷ Hablando con propiedad, significa que la amplitud o la intensidad fluctúa periódicamente.

⁸ *Ayarachis* o *ayarichis* son siringas o zampoñas rurales de 5 a 7 tubos de caña hueca *carrizo*, generalmente gruesa, muy tañidas en la parte centro-sur andina de Bolivia (Gérard 1998).



Figura 2: Una tropa de *ayarichis* de Tarabuco (Chuquisaca) son dos *uñas* y dos *jías*; se interpretan en casi octavas y casi unísonos paralelos. Foto: Arnaud Gérard.

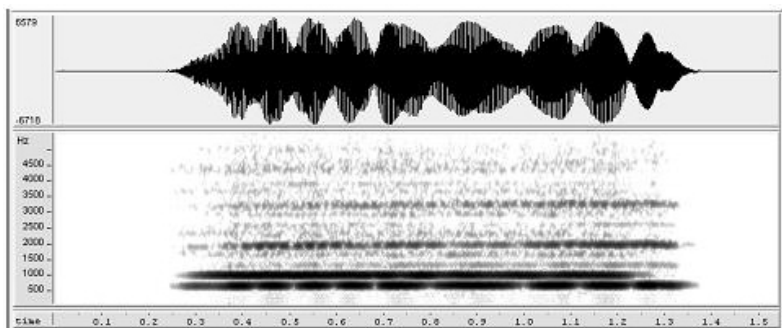


Figura 3: Sonido de una tropa de *ayarichis* de Tarabuco (Chuquisaca) tocando en paralelo, extraído de una grabación realizada *in situ*. Arriba: forma de la onda (amplitud función del tiempo). Abajo: sonograma de banda ancha (frecuencias función del tiempo); se advierte claramente el efecto de pulsación 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).

haut (deux à trois mm) sur une ou plusieurs flûtes de l'orchestre. Ces instruments jouent la même mélodie au sein du groupe mais cette petite différence dans la facture va placer la mélodie de ces instruments très légèrement au-dessus de la «voix moyenne» et provoquer ainsi ce que l'on appelle en acoustique un effet de battement, c'est-à-dire une légère dissonance. Les artisans donnent à cette organisation particulière le nom de *alto kunka/bajo kunka* que l'on peut traduire par haute voix/basse voix. Un *Walateño* à qui je demandais pourquoi on taillait certaines *tropas* de la sorte me disait que «así sabe como a limón», ce qui semblait être a mon avis une grande qualité esthétique» (Borras 1998: 41-42)⁹.

⁹ «El segundo ejemplo concierne esta vez a instrumentos de la misma familia y de la misma longitud. Aparentemente son absolutamente idénticos. Sólo un análisis detallado permite constatar que la ubicación de cada orificio de digitación se encuentra ligeramente más arriba (dos a tres milímetros) en una o varias flautas de la orquesta. Estos instrumentos tañen la misma melodía en el seno del grupo, pero esta pequeña diferencia en su construcción va a colocar la melodía de estos instrumentos muy ligeramente por encima de la 'voz media' y provocar así lo que se llama en acústica un efecto de batimiento, es decir una ligera disonancia. Los artesanos dan a esta organización particular el nombre de *alto kunka / bajo kunka* que puede traducirse por voz alta / voz baja. Uno de los *walateños* a quien preguntaba por qué se cortaban ciertas tropas de esta manera me decía 'así sabe como a limón', lo que parecía ser a mi modo de ver una gran cualidad estética».

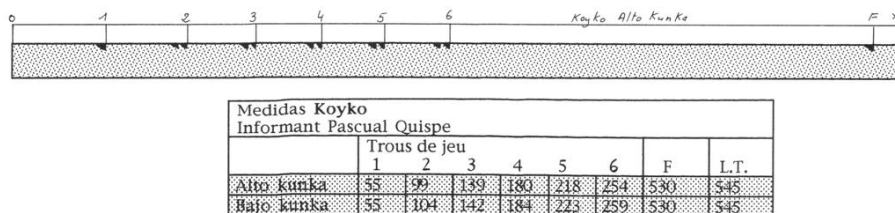


Figura 4: Dibujo de un *tupu t'isi* (medida) de *pinkillo Qoyqo* y cuadro de mensuras recopilado por Gérard Borrás (1995, Anexos: 81).

Enseguida se muestra el *tupu t'isi*¹⁰ de una tropa de *pinkillos Qoyqo*¹¹ (véase figura 4)¹² recopilado por Gérard Borrás (1995), donde se advierten claramente las dobles marcas en los orificios 2 a 6, que corresponden a las perforaciones de las voces altas y bajas, en vista de crear un batimiento.

Sin embargo, existe otra técnica «alto y bajo» que me fue indicada por el *luriri*¹³ Antonio Mamani Silvestre de Jach'a Walata¹⁴, que consiste en realizar parte de las flautas de la tropa con un diámetro delgado y la otra parte con diámetro grueso, lo que de igual manera provoca una desigualdad en las alturas de sonido con batimiento.

1.2. Sonidos pulsantes en pinkillos andinos actuales

Toda una gama de *pinkillos* actuales de las zonas andinas rurales de Bolivia, principalmente de tiempo de Carnaval, emiten sonidos multifónicos con «redoble»¹⁵, como lo llama Michèle Castellengo (Castellengo 1982: 2, 7; Assayag, Castellengo y Malherbe 1985: 10) del Laboratoire d'Acoustique Musicale (LAM) de la Universidad de Paris VI. Se trata de las *tarkas* (figura 5), *anatas*, *karnawal pinkillos* del Norte de Potosí y los *lawatos* del Centro-Sur de Potosí (*saripalkas*, *malichus*, *chaqallus*, *onrras*, etc.).

Estos sonidos son denominados por los *comunarios* como *tara* (Stobart 1996 y 2006) o *richa* (Borrás 2008, en prensa) y se caracterizan por ser gritones, estridentes, para retomar las denominaciones de Émile Leipp (1984: 151), pues se trata de sonidos ricos en armónicos, pero con armónicos súper agudos, muy intensos, que son discretamente detectables al oído y, además, con una marcada *oscilación de la intensidad*

¹⁰ *Tupu t'isi* en aymará significa medida, se trata de las medidas que sirven para cortar y perforar las flautas, usadas por los fabricantes de Jach'a Walata; textualmente *tupu* es medida y *t'isi* es una tira de caña. Estas medidas son objeto del trabajo de la Tesis de Doctorado de Gérard Borrás (1995).

¹¹ Actualmente, los *pinkillos* son flautas de pico con perforaciones laterales y el *qoyqo* es un *pinkillo* de Carnaval de la región circumlacustre (Titicaca).

¹² Todos los diagramas de análisis FFT (Fast Fourier Transform) del presente trabajo fueron realizados en el laboratorio personal del autor: IEA (Instituto de Etnomusicología y Acústica).

¹³ *Luriri* en aymará significa fabricante nativo, aquí de instrumentos musicales.

¹⁴ Jach'a Walata es un pueblito de la provincia Omasuyos de La Paz, cuyos habitantes están casi íntegramente dedicados a la fabricación de instrumentos musicales, principalmente flautas.

¹⁵ Castellengo (1982: 2, 7), en francés, escribe *roulement*.



Figura 5: *Pinkillos (tarkas)* en la danza de *Anata* en la comunidad Uru-Aymará de Pampa Aullagas (Oruro, Bolivia, lugar de fabricación de las *tarkas* y probablemente de su origen).
Foto: Arnaud Gérard.

conocida como «redoble» (Leipp 1984: 151), por lo que podrían calificarse también de *pulsantes* o *vibrantes*. En anteriores publicaciones fueron ya presentados los resultados de un primer trabajo de análisis de estos sonidos (Gérard 1997 y 2007).

En el caso del «redoble», se trata de «un sonido periódicamente interrumpido» (Castellengo 1982: 7) y que la frecuencia del redoble de las interrupciones es la misma para todos los componentes armónicos (véase los sonogramas de las figuras 6 y 10, que corresponden a los sonidos de la *tarka* y de la siringa de Yura, respectivamente). Mientras que en el caso del batimiento, la frecuencia de interrupción de los componentes armónicos es proporcional al número del armónico (esto es visible en los sonogramas de las figuras 3, 17 y 18 de los *ayarachis* de Tarabuco y los silbatos dobles arqueológicos, donde el armónico 2 tiene el doble de interrupciones que el primer armónico, el armónico 3 el triple de interrupciones y así sucesivamente).

A continuación se presenta el sonograma de un sonido multifónico típico, con redoble, producido por una *tarka* (figura 6).

Asimismo, Castellengo (1982: 3) señala que los sonidos multifónicos son favorecidos entre otros por discontinuidades del alma¹⁶, que también favorecen la producción de parciales inarmónicos. Éste es justamente el caso de los *pinkillos* con «*tara*» como la *tarka*, como se muestra en la figura 7.

¹⁶ He traducido la palabra francesa *perce* por alma; se refiere a la parte hueca del tubo, cilíndrica o cónica de las flautas y de otros aerófonos.

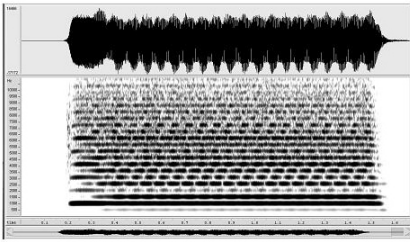


Figura 6: Sonido pulsante «tara» típico producido por una *tarka*. Arriba: forma de la onda. Abajo: sonograma de banda ancha. Se advierte la oscilación periódica de la amplitud en la envolvente de la forma de la onda y las interrupciones de las líneas espectrales en el sonograma (todas con la misma frecuencia).

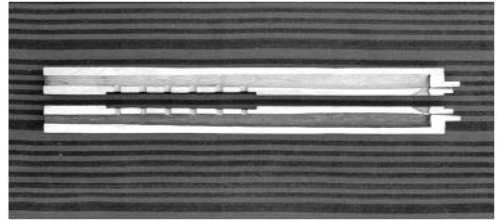


Figura 7: Fotografía de una *tarka* partida en dos de manera longitudinal. Se observa claramente el cambio de diámetro del alma.

Foto: Arnaud Gérard.

1.3. «Tubos complejos» y sonidos pulsantes en instrumentos prehispánicos

Realmente ignoro si se trata de una secuencia de continuidad tecnológica o si los dos hechos son algo aislado, pero así como los andinos obtuvieron pulsaciones mediante la emisión simultánea de sonidos paralelos ligeramente desiguales (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 (véase figura 8), denominados «tubos complejos» por Pérez de Arce (1993: 474; 1998: 25; 2000: 233).

Esta técnica fue luego reproducida en instrumentos monolíticos, de madera o de cerámica. Un solo tubo individual (bordón¹⁷) es un instrumento musical llamado *pifilca*¹⁸, que todavía se interpreta, por ejemplo, en el baile de *chinos* en Chile (Pérez de Arce 1993, 1995, 1998 y 2000); pero si se trata de varios tubos de longitudes crecientes, colocados en línea y atados entre sí, llega a ser una siringa o flauta de Pan o zampoña, llamada *antara*, *sik'u* o *ayarachi* en idiomas nativos. Pérez de Arce señala varias culturas prehispánicas de la costa del Pacífico, del Perú y de Chile, que fabricaron e interpretaron «*antaras*»¹⁹ con tubos complejos tal como Paracas, Nasca, Atacama,

¹⁷ En la jerga de los constructores de órgano el tubo bordón es un tubo abierto en el extremo proximal y cerrado en el extremo distal.

¹⁸ *Pifilca*: flauta formada por un solo tubo bordón (abierto en el extremo proximal y cerrado en el extremo distal), tal vez se podría definir como una flauta de Pan de un solo tubo. La palabra *pifilca*, según Pérez de Arce, proviene del mapuche (Pérez de Arce 1995: 62).

¹⁹ *Antara* es el nombre que los arqueólogos y etnomusicólogos han dado a las siringas prehispánicas, argumentando que es la palabra quechua para designar tal instrumento; actualmente la *antara* o *andara* es una siringa de una sola fila, de 6 a 24 tubos, según los lugares, que se interpreta en el norte del Perú (Pineda *et al.* 1978: 192-219) y en Ecuador. Personalmente no concuerdo mucho con esta designación utilizada por los arqueólogos, ya que en nuestros días *antara* no es una palabra universal del quechua o del aymará en el mundo andino para designar las flautas de Pan; por ejemplo los quechuas y aymaras de Bolivia no entienden esta palabra que es inexistente en su vocabulario, aquí los nombres nativos son muchos: *ayarachi*, *ayrachi* o *ayarichi* (quechua), *ärachi* (aymará), *lakita*, *siku* o *sik'u* (aymará),..., por citar sólo los más corrientes. En este trabajo, para designaciones genéricas, usaré indistintamente las palabras castellanas: siringa, flauta de Pan o zampoña.



Figura 8: Tubos empalmados: son dos cañas de diferente diámetro.

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 y 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).

Tuve la oportunidad de estudiar una de estas siringas líticas prehispanicas con tubos complejos (figura 9), encontrada en un monumento funerario ubicado cerca de Yura, al suroeste de Potosí (Bolivia), la misma que pertenece a la colección de los Museos Charcas de Sucre y cuyos resultados fueron publicados en un anterior trabajo (Gérard 2004). Posiblemente, este ejemplar pertenece a la cultura del mismo nombre ubicada por Lecoq y Céspedes (1997: 132) en el Horizonte Medio (400-1000 d.C.) con continuación hasta el Intermedio Tardío (1000-1450 d.C.).

En aquella investigación se encontró que algunos de los tubos presentaban efectivamente un sonido *multifónico* tipo «redoble» (Castellengo 1982; Assayag, Castellengo y Malherbe 1985), del cual mostramos el sonograma (figura 10). La percepción audible de este efecto sonoro es algo parecido al batimiento o pulsación, pues se oye un sonido fuertemente pulsante, vibrante u ondulante.

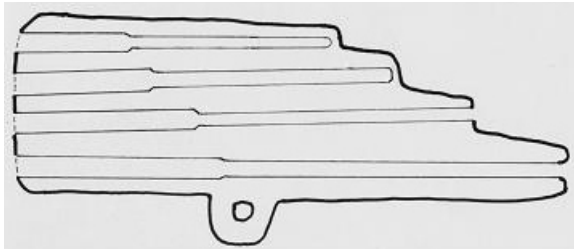


Figura 9: Vista en corte de la siringa de Yura de los Museos Charcas de la ciudad de Sucre. Los tubos presentan cambios de diámetro en sus secciones transversales (Gérard 2004: 91)

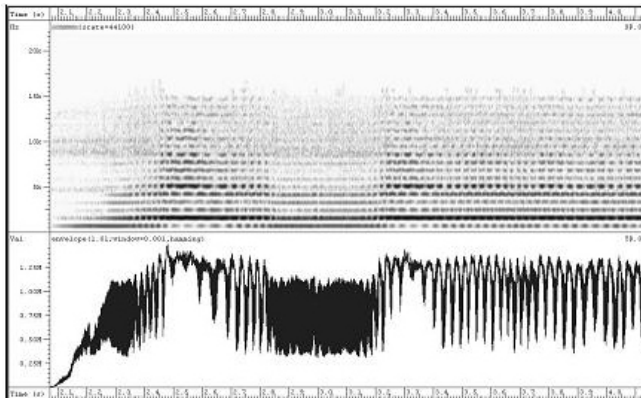


Figura 10: Sonido multifónico tipo «redoble» de la siringa prehispanica de Yura. Arriba: sonograma. Abajo: envolvente de la onda. Se observa claramente una oscilación periódica de la amplitud, así como las interrupciones de las rayas espectrales en el sonograma; aquí la frecuencia de fluctuación es la misma para todos los armónicos en oposición al efecto de pulsación.

1.4. Una anterior hipótesis

Hace algunos años (Gérard 1997) presenté una primera hipótesis de trabajo (véase figura 11) sobre una posible evolución secuencial de las tecnologías del sonido pulsante, en la que sostenía que tal vez, en una primera instancia, se hubiese manejado instrumentos ligeramente desiguales que tocan en casi unísonos paralelos, provocándose así batimiento; luego, por alguna razón, se empalmaron dos tubos un poco desiguales, obteniéndose otro efecto fenomenológicamente diferente y lográndose un sonido multifónico con redoble que, a semejanza del anterior, es un sonido pulsante o vibrante. Finalmente, en ciertos *pinkillos* contemporáneos, los *luriris* 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, me puse a 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 cuasi 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 y Gérard 1997).

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, quizás simultáneamente o quizás en tiempos sucesivos. No obstante, no debemos soslayar el hecho que desde los tiempos arqueológicos más remotos existieron constantes conexiones, intercambios²⁰, viajes, comercio, movimiento y trueque de objetos de diversa índole, por ejemplo con las caravanas de llamas (Patrice Lecoq 1987 y 1988), sin hablar de las diferentes conquistas internas por grupos dominantes, que dieron lugar a una expansión de pensamientos, cosmovisiones, idiosincrasias, creencias, tecnologías, técnicas, modos de producción, gustos, estéticas, etc. que, sin lugar a dudas, condujeron a ciertos universalismos y sincretismos dentro de la idiosincrasia andina. Se quiere insinuar aquí que la idea de yuxtaposición de dos partes a la vez semejantes y a la vez un poco distintas, que genera sonidos pulsantes o vibrantes se hubiese esparcido por gran parte de los Andes. No obstante, es evidente que quedan pendientes muchas preguntas: ¿Quiénes fueron los que divul-

²⁰ Olga 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)

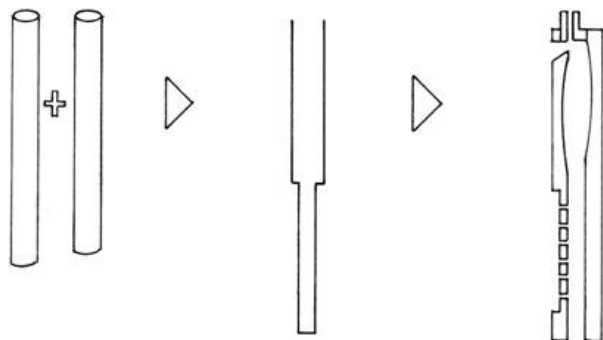


Figura 11: En un anterior artículo se presentó la hipótesis sobre una posible evolución secuencial de los sonidos pulsantes (Gérard 1997).

garon esas ideas y estos objetos? ¿Una o varias culturas andinas, o culturas de la costa del Pacífico, o culturas del Chaco o culturas selváticas²¹? ¿Desde qué tiempos?

Por otro lado, debemos recordar que, simbólicamente, el número «dos» es trascendental dentro de la cosmovisión andina, como el *awqa* (pares antagónicos) y el *yanantin* (pares semejantes) (Bouysse-Cassagne y Harris 1987; Platt 1976) y, de la misma manera, el sonido pulsante, vibrante u ondulante 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 1.1 de este artículo). Además, parece existir una relación lógica entre la concepción dual y el sonido pulsante, pues durante la estadía de Henry Stobart en el campo de Macha, al norte de Potosí, le dijeron:

«The sound *tara* was described to me as ‘mezclado’ or mixed. More specifically *tara* was said to be ‘two sounds’ or something which sounds with ‘two mouths’. This contrasts with *q’iwa*, which is described as a clear sound (‘se oye bien clarito, eso se llama *q’iwa*’) and was specified to be single and without a double (‘un solo sonido no tiene doble’))» (Stobart 1996: 70)²².

«Often when talking about the sound *tara*, the vibrant quality of the «r» would be emphasized by making an ‘arr’ sound with rolled ‘r’s’- /.../, and Hornberger as well (1983) gives the Quechua verb *tarantachay* ‘to tremble’, for example from fright. This echoes the vibrant, buzzing sound of the *pinkilla tara*)» (Stobart 1996: 73)²³.

Del mismo modo, en el diccionario de aymará (De Lucca 1983: 400; 1987: 154) leemos:

«Tara: Ancho, doble, dicese de las cosas que tienen el 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

²¹ Como se relatará luego, Izikowitz (1935) indica la presencia, al parecer importante, de silbatos dobles tanto en los Andes como en la región amazónica y del Chaco y, por otro lado, se advierte una presencia notoria de los mismos en las culturas del lado Pacífico, tanto de Chile como del Perú y del Ecuador.

²² «El sonido *tara* me fue descrito como ‘mezclado’, más específicamente *tara* dicese ser ‘dos sonidos’ o algo que suena con ‘dos bocas’. Esto contrasta con *q’iwa*, que se describe como un sonido claro (‘se oye bien clarito, eso se llama *q’iwa*’) y fue especificado como solitario y sin doble (‘un solo sonido, no tiene doble’)).»

²³ «Siempre al hablar del sonido *tara*, la cualidad vibrante de la ‘r’ sería enfatizada, haciendo un sonido ‘arr’ con la ‘r’ doble castellana /.../, también Hornberger (1983) da el verbo quechua *taranchay*: temblar, por ejemplo de espanto. Esto recalca el sonido vibrante, zumbido del *pinkillo tara*».

vibrante. Por los varios armónicos y parciales audibles se lo califica de multifónico (Castellengo 1982: 2). Pero no se escuchan dos sonidos, sino un conjunto de sonidos más o menos discretos²⁴. Por lo tanto planteo, hipotéticamente, que *tara* no se refiere directamente a dos sonidos, sino que para lograr un sonido vibrante, originalmente se necesitaba de *dos tubos* («dos bocas», le decían a Stobart), ya sean *separados* (batimiento), ya sean *empalmados* (multifonías con redoble), reiterándose parcialmente la anterior hipótesis.

2. Silbatos dobles con batimiento

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 instrumentos en la región.

Izikowitz²⁵ (1935) realiza aportes significativos en cuanto a los silbatos precolombinos. 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 (en la figura 12 se reproduce el dibujo de un silbato doble encontrado en Chimbote, Perú). 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» (Izikowitz 1935: 376)²⁶.

Finalmente, José Pérez de Arce nos envió muy gentilmente la ficha de un silbato doble de cerámica encontrado en Arica, Chile (figura 13), expuesto en el Museo Chileno de Arte Precolombino con el número de registro MCHAP 2772, y su foto junto a otro instrumento semejante (figura 14), 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.

2.2. Los instrumentos objetos de la medición

Son dos silbatos que se encuentran en el Museo Taki de la ciudad de Cusco²⁷. Fueron comprados por su propietario, nuestro amigo y músico Kike Pinto a un huaquero²⁸, que ofrecía todo tipo de objetos arqueológicos. De tal manera, que muy lamentablemente se trata también de objetos totalmente descontextualizados. Sobre el particular

²⁴ Se usa la palabra discreta en el sentido matemático, es decir discernible, separado, no continuo.

²⁵ Gentileza de José Pérez de Arce.

²⁶ «Este sistema de doblar los silbatos se extiende sobre el territorio entero y alcanza su máximo en el valle de México y en Perú».

²⁷ Museo Taki: Hatunrumiyoq, 487-5 - Cusco, Perú; www.takimuseum.org

²⁸ *Huaquero* 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.

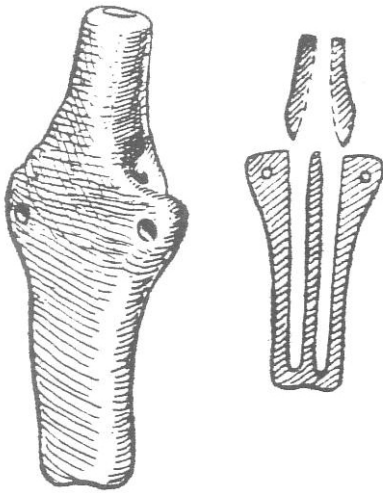


Figura 12: Silbato doble de arcilla con conductos de aire, originario de Chimbote. Colección Baessler (Izikowitz 1935: 361).

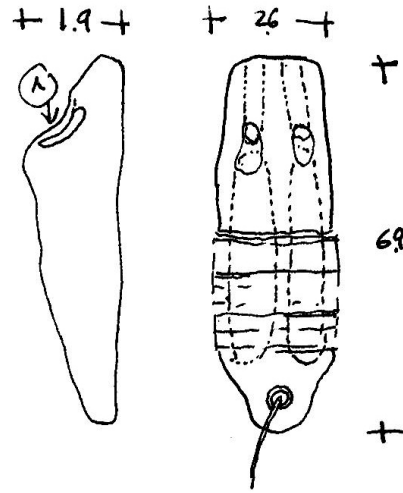


Figura 13: Esquema de un silbato doble encontrado en Arica, Chile, muy parecido a los silbatos estudiados en el presente trabajo (gentileza de José Pérez de Arce, Museo Chileno de Arte Precolombino).



Figura 14: Izquierda: el mismo silbato junto a otro, encontrados ambos en Arica, Chile. Derecha: un silbato doble de la cultura Nasca, Perú (100 a.C.-400 d.C.), «de sonido muy agudo y disonante», según el autor (José Pérez de Arce 1995: 29).

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, el arqueólogo Milano Trejo junto a otros especialistas del proyecto indican²⁹ que no existen ejemplares similares en la colección del Museo y que por el tipo de pasta, la manufactura y los acabados corresponderían al periodo 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.

²⁹ En parte estoy resumiendo y en parte citando un correo electrónico enviado por el arqueólogo Milano Trejo del Proyecto Waylla Kepa de Lima, Perú.



Figura 15: Los dos silbatos dobles del Museo Taki del Cusco. Foto: Arnaud Gérard.

2.2.1. Descripción

Se trata de dos silbatos tubulares dobles (figura 15). 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, en la que el antiplastificante no es muy visible. Tienen brillo por un pulido anterior a la cocción. Presentan 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 extraordinariamente 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 1 mm y en el otro caso es de 1,5 mm). Es un sonido dulce, suave, agudo y pulsante; el batimiento

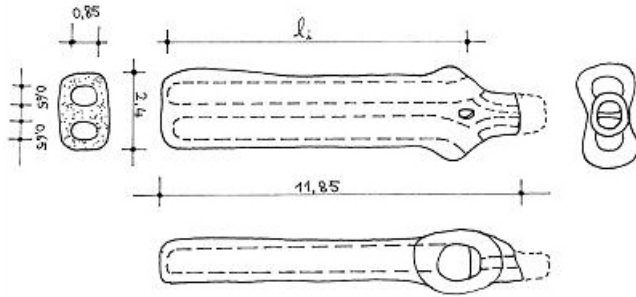


Figura 16: Esquema aproximado del doble silbato mayor.

está presente en ambos instrumentos de tal manera que se trata inexorablemente de un efecto intencional³⁰, 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 $9,90 \pm 0,025$ 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 figura 16).

Las alturas de sonido medidas por separado con medidor de altura de sonido (de ambos tubos) son: $Sol_{+1} + 30$ cents y $Sol_{+1} + 50$ cents³¹ (forman un intervalo aproximado de 20 cents) lo que corresponde a las frecuencias 808 Hz y 817 Hz. Leipp (1984: 28) indica que la frecuencia de pulsaciones en el batimiento resulta de la diferencia entre las dos frecuencias en competencia:

$$\Phi = \nu_1 - \nu_2 = 817 - 808 = 9 \text{ Hz (9 pulsos por segundo)} \quad (1)$$

En las que: Φ es la frecuencia de pulsación y ν_1 y ν_2 son las dos frecuencias en competencia. En el siguiente diagrama (figura 17), que corresponde al sonido emitido por el silbato de mayor tamaño, se encuentra una frecuencia de pulsación de 9 Hz también, de tal manera que existe total 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 $7,00 \pm 0,025$ 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.

³⁰ Al soplar estos silbatos siempre sale batimiento; ¿cuál podría ser otra razón para conceptualizar un instrumento que emitiese dos veces el mismo sonido?

³¹ El subíndice +1 significa que se trata de la octava del *Do* 523 Hz; es la nomenclatura japonesa que usan la mayoría de los medidores (*tuner*).

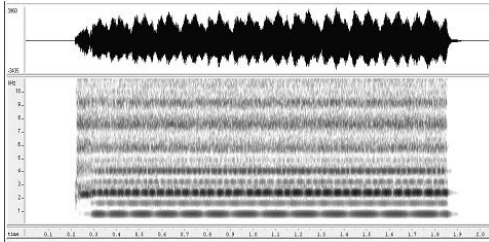


Figura 17: Sonido del silbato doble (mayor). Arriba: forma de la onda. Abajo: sonograma de banda ancha; se advierte claramente el efecto de batimiento o pulsación (9 Hz).

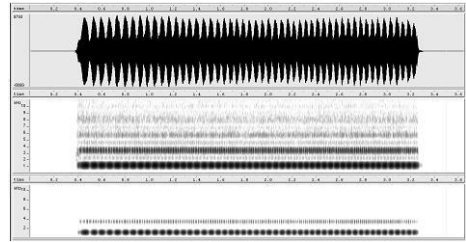


Figura 18: Sonido del silbato doble (menor). Arriba: forma de la onda. Medio: sonograma de banda ancha con alto contraste, donde se advierte claramente el batimiento o pulsación (17 Hz).

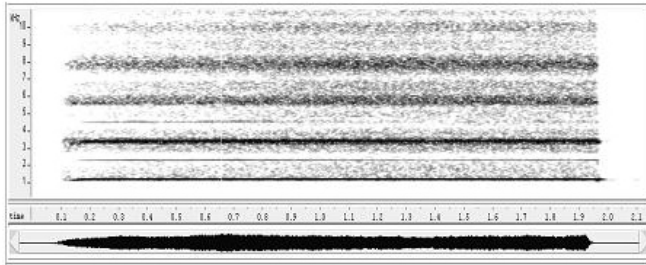


Figura 19: Sonograma de banda estrecha y forma de la onda del sonido de *un solo tubo* del silbato menor (sin batimiento): la serie es armónica de tendencia impar con presencia de ruido de «viento» (puntitos), principalmente alrededor de los armónicos superiores.

Las alturas de sonido medidas por separado con medidor de altura de sonido (de ambos tubos) son: $Do\#_{+2} + 20\text{ cents}$ y $Do\#_{+2} + 50\text{ cents}$ ³² (formando un intervalo de 30 cents), lo que corresponde a las frecuencias 1122 Hz y 1141 Hz. Aplicando la misma relación (1) indicada por Leipp, se encuentra una frecuencia de pulsaciones de:

$$\Phi = v_1 - v_2 = 1141 - 1122 = 19\text{ Hz (19 pulsos por segundo)} \quad (2)$$

En el siguiente diagrama (figura 18), 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).

A su vez, en el análisis FFT³³ del sonido de un solo tubo (sonograma de la figura 19) se 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.

³² El subíndice +2 significa que se trata de la octava del *Do* 1046 Hz según la misma nomenclatura.

³³ FFT es la abreviatura inglesa de Fast Fourier Transform; lo que significa transformadas de Fourier rápidas; se trata de un algoritmo matemático para encontrar los componentes frecuenciales de un sonido.

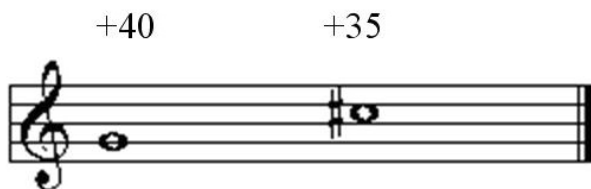


Figura 20: Intervalo entre los dos silbatos.

2.4. Una consideración musical

Desde un principio los dos silbatos venían juntos e incluso el arqueólogo Milano Trejo indica que, probablemente, los dos fueron construidos por un mismo artesano, de tal manera que parece que estos silbatos formaban «*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 instrumentos (entre sus alturas medias³⁴):

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

(Equivale a 6 semitonos; véase el pentagrama de la figura 20). ¡Lo que corresponde a una cuarta aumentada! Esto es interesante, ya que es justamente el intervalo entre los tamaños *taika*³⁵ y *mala*³⁶ de algunas tropas de *tarkas*³⁷, así como de otros *pinkillos* aymarás 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 (9 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 ($2 \times 9 \text{ Hz} = 18 \text{ Hz}$) 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 aymarás, es decir forman un acorde disonante de cuarta aumentada³⁸ y con pulsaciones proporcionales (1/2), lo que reforzaría nuestra hipótesis de que formaban un par.

3. Conclusiones

Los dos silbatos están compuestos por un par de tubos cerrados en los extremos distales y abiertos en los extremos proximales (bordones), unidos y provistos cada

³⁴ En caso de batimiento, se escucha la altura media de los dos sonidos.

³⁵ *Tayka* en aymarás significa *madre* (De Lucca 1987: 154); es el tamaño grande en la tropa.

³⁶ *Mala* o *malta* en aymarás es el tamaño inferior a la *tayka*, pero no siempre el menor; en el diccionario histórico de Bertonio (1984: 212) se lee: «Malta: Mediano, ni grande ni chico: Dizese de todo».

³⁷ ¡Los acordes de quinta y cuarta rara vez son justos! Por ejemplo la «Tarkeada de Curahuara de Carangas, Ayllu Kollana» toca una tropa con un acorde paralelo de cuarta aumentada.

³⁸ Por lo general se trata de una quinta un poco corta, pero tenemos también ejemplos de *tarkas* donde la quinta es un poco mayor, con tendencia hacia una quinta aumentada.



Figura 21: Línea ondulada en un trenzado (cinta tejida) de la cultura Tarabuco (Chuquisaca, Bolivia).

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 soplados ambos a la vez³⁹, 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 wa wa...*») con frecuencias de pulsaciones de 9 y 17 pulsaciones por segundo. Es un sonido suave, agudo, con ruido de viento, no muy lejos del sonido de zampoña, un poco disonante, con un batimiento que calificaría de *ondulante* por su similitud a la línea ondulada⁴⁰ de ciertos tejidos quechuas actuales como el que se presenta a continuación (figura 21):

Sin lugar a dudas, este batimiento no es el efecto del azar ya que, por un lado, construir un silbato con doble nota idéntica no tendría ningún sentido, puesto que al doblar la fuente, no se aumenta notoriamente la percepción de la intensidad y, por otro lado, por la misma morfología del instrumento es prácticamente imposible tocar un solo tubo a la vez⁴¹.

Esta estética y sus tecnologías se encuentran muy extendidas por un inmenso territorio de los Andes⁴², difícil de limitar y dentro de una profundidad temporal que va desde la época precolonial y, posiblemente, desde tiempos arcaicos⁴³ hasta la actualidad, pero también muestran una suerte de evolución, de transformación o de adaptación hasta su aplicación a ciertos *pinkillos* étnicos contemporáneos.

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 y, además, la frecuencia de pulsación del uno es aproximadamente el doble del otro⁴⁴.

Por tanto, lo que se encontró en este estudio organológico y 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 (que a la vez da dureza al acorde), ya sea mediante sonidos mul-

³⁹ Quiero decir soplando ambos tubos de uno solo de los silbatos.

⁴⁰ ¡No digo que la línea ondulada del tejido sea una representación unívoca del sonido ondulante! En este sonido la intensidad sube y baja sinusoidalmente y la línea del tejido sube y baja gráficamente como una ondulación, pero realmente no puedo afirmar por el momento que existió esta conexión en la mente de quienes inventaron o manejaron esta iconografía.

⁴¹ Para lograr esto, tuve que tapar una de las ventanas de las boquillas con algodón para volverla muda.

⁴² Ciertamente, faltaría averiguar si actualmente existe un comportamiento similar en las tierras bajas del Chaco y de la selva amazónica.

⁴³ Tengo la casi certeza de que este efecto de pulsación está presente en instrumentos arqueológicos muy antiguos (2000 a. C., aproximadamente) de la macro región contemplada, a los cuales no he podido tener acceso directo todavía y que espero poder estudiar en el futuro próximo.

⁴⁴ Para músicos entrenados sería posible lograr una sincronización casi perfecta entre las dos pulsaciones.

tifónicos 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»).

4. Referencias bibliográficas

- ASSAYAG, Gérard, Michèle CASTELLENGO y Claudy MALHERBE
 1985 *Nouvelles techniques instrumentales*. Informe nº 38. París: Laboratoire d'Acoustique, Université de Paris VI.
- BERTONIO, Ludovico
 1984 *Vocabulario de la lengua aymara* [1612]. Cochabamba: CERES / IFEA / MUSEF.
- BOUYASSE-CASSAGNE, Thérèse y Olivia HARRIS
 1987 «Pacha, en torno al pensamiento aymara», en *Tres reflexiones sobre el pensamiento andino*, pp. 11-59. La Paz: Hisbol.
- BORRAS, Gérard
 1995 *Les aérophones traditionnels aymaras dans le Département de La Paz (Bolivie)*. Tesis de Doctorado. Toulouse: Universidad de Toulouse-le-Mirail.
 1998 «'Poco varía': le sésame de l'organologie aymara», en *Musiques d'Amérique Latine*, pp. 33-46. Cordes: CORDAE / La Talvera.
 2008 «Organología de la tarka en la zona circumlacustre del Titicaca», en *Anata/Phujllay*, A. Gérard, ed. En prensa.
- CASTELLENGO, Michèle
 1982 «Sons multiphoniques aux Instruments à vent». París: *Rapports IRCAM*, 34/82.
- DE LUCCA, Manuel
 1983 *Diccionario Aymará-Castellano, Castellano-Aymará*. La Paz: Comisión de Alfabetización y Literatura en Aymará Villamil de Rada.
 1987 *Diccionario Práctico Aymará-Castellano*. Cochabamba: Ediciones Los Amigos del Libro, Enciclopedia Boliviana.
- GABELMANN, Olga U.
 2004 «Santa Lucía. Producción de cerámica, patrón de asentamientos e intercambio en el periodo formativo del Valle Alto de Cochabamba», en *Jornadas Arqueológicas V*, Edmundo Salinas C., ed., pp. 51-77. Sucre: CIAR.
- GÉRARD, Arnaud
 1997 «Multifonías en aerófonos andinos de Bolivia». *Revista Boliviana de Física* 3: 40-59.
 1998 «Acústica de los ayarachis, una original sucesión de alturas de sonido». *Revista Boliviana de Física* 4: 136-151.
 1999 *Acústica de las siringas andinas de uso actual en Bolivia*, 2 vols. Potosí: Universidad Autónoma Tomás Frías, Informe de investigación mimeografiado.
 2002 «Acústica de las siringas andinas de uso actual en Bolivia: método y conclusiones», en *La Música en Bolivia, de la prehistoria a la actualidad*, Walter Sánchez C., ed., pp. 497-526. Cochabamba: Fundación Simón I. Patiño.
 2004 «Interpretación acústica del ayarachi «yura» de los Museos Charcas», en *Jornadas Arqueológicas - Primera Versión*, pp. 79-112. Sucre: CIAR.

- 2007 «Primera aproximación a la acústica de la tarka». *Revista Boliviana de Física* 13: 33-38.
- HELMHOLTZ, Hermann L. F.
1954 *On the sensation of Tone* [1885]. Nueva York: Dover.
- IZIKOWITZ, Karl Gustav
1935 *Musical and other Sound Instruments of the South American Indians. A Comparative Ethnographical Study*. Goeteborg: Goeteborgs Kungl. Ventenskap - Och - Viterhets - Samhaelles Handlingar.
- LARA, Jesús
1971 *Diccionario Qheshwa-Castellano*. La Paz: Los Amigos del Libro, Enciclopedia Boliviana.
- LECOQ, Patrice
1987 «Caravanes de Lamas, Sel et Échanges dans une Communauté de Potosí, en Bolivie». *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines* 16 (3-4): 1-38.
1988 «Una ruta de la sal en el sur boliviano. Informe de trueque anual de una caravana de llamas». *Revista del Museo Nacional de Etnografía y Folklore* 1: 163-216. La Paz.
- LECOQ, Patrice y Ricardo CÉSPEDES
1997 «Nuevos datos sobre la ocupación prehispánica de los Andes meridionales de Bolivia (Potosí)». *Cuadernos de Investigación* 9: 111-152. Jujuy.
- LEIPP, Émile
1984 *Acoustique et musique*. Paris: Masson.
- MUSEO CHILENO DE ARTE PRECOLOMBINO
1982 *La música en el arte precolombino*. Santiago: Museo Chileno de Arte Precolombino.
- PÉREZ DE ARCE, José
1993 «Siku». *Revista Andina* 2: 473-486. Cusco.
1995 *Música en la piedra. Música prehispánica y sus ecos en Chile actual*. Santiago: Museo Chileno de Arte Precolombino.
1998 «Sonido Rajado: The Sacred Sound of Chilean Pifilca Flutes». *The Galpin Society Journal* 51: 17-50. Londres.
2000 «Sonido Rajado II». *The Galpin Society Journal* 53: 233-254. Londres.
- PLATT, Tristan
1976 *Espejos y Maíz*. La Paz: CIPCA.
- ROEL PINEDA, Josafat, Fernando GARCÍA ARANCIBIA, Alida SALAZAR y César BOLAÑOS
1978 *Mapa de los instrumentos musicales de uso popular en el Perú*. Lima: Instituto Nacional de Cultura, Oficina de Música y Danza.
- STOBART, Henry
1996 «Tara and Q'iwa - Worlds of Sounds and Meaning», en *Cosmología y Música en los Andes*, Max Peter Baumann, ed., pp. 67-81. Berlín: International Institute for Traditional Music, Vervuert Iberoamericana.
2006 *Music and the Poetics of Production in the Bolivian Andes*. SOAS Musicology Series. Aldershot: Ashgate.

WRIGHT, H. A. K. y D. M. CAMPBELL

1998 «Analysis of the Sound of Chilean Pifilca Flutes». *The Galpin Society Journal* 51: 51-64. Londres.