

# Principio de correlación en la determinación acústica de módulos de afinación andinos prehispánicos<sup>1</sup>

Mónica GUDEMOS

Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)  
mgudemos@gmail.com

Recibido: 8 de septiembre de 2008

Aceptado: 14 de octubre de 2008

## RESUMEN

Damos a conocer aquí un nuevo avance sobre el estudio de los módulos de afinación de las flautas óseas arqueológicas procedentes de la Costa Central de Perú. A partir del análisis de un ejemplar que presenta evidencias de varias instancias de afinación, considerado por ello «modelo organológico», fue posible constatar la existencia de un principio de correlación común a los módulos determinados.

**Palabras clave:** Arqueomusicología, flautas arqueológicas, música andina.

## *Correlation principle in the acoustical determination of pre-Hispanic Andean tuning modules*

## ABSTRACT

In this paper we present a new advance about the study of the tuning modules of the archaeological bone flutes from Central Coast of Peru. The analysis of an exemplar with signs of several tuning processes, a true «organological muster», permit us to verify that these tuning modules have in common the same correlation principle.

**Key words:** Archaeomusicology, archaeological flutes, Andean music.

**SUMARIO:** 1. Estado de conocimiento. 2. Hipótesis. 3. Un modelo organológico. 4. Análisis y constatación. 5. Conclusión. 6. Referencias bibliográficas.

## 1. Estado de conocimiento

En el marco del Proyecto Arqueomusicología Americana<sup>2</sup> hemos logrado diseñar procedimientos analíticos, que nos permitieron acceder sistemáticamente al conocimiento de algunas tecnologías constructivas prehispánicas aplicadas a la producción de instrumentos musicales. Tales procedimientos exigieron la determinación de estrategias de trabajo que contemplaron, en los casos que así fue necesario, el desarrollo de técnicas de recuperación, restauración y reproducción de material arqueológico (Gudemos 2001a), toma de placas radiográficas para el análisis organológico de las diferentes tipologías de aerófonos (Gudemos 2001a, b y c), estudios metalográficos

---

<sup>1</sup> El contenido de este artículo fue expuesto en la XVII Conferencia de la Asociación Argentina de Musicología y las XIII Jornadas Argentinas del Instituto Nacional de Musicología «Carlos Vega». Ciudad de La Plata, Provincia de Buenos Aires. Argentina. 17 a 20 de Agosto de 2006.

<sup>2</sup> Actualmente radicado en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

de idiófonos (Gudemos 1998b y 2001a), análisis químicos para la identificación de sustancias resinosas utilizadas en la corrección de los perfiles de aeroductos, análisis para la identificación de maderas (Gudemos 2001a), la aplicación de métodos estadísticos para el procesamiento de datos biométricos en la identificación y determinación del material óseo utilizado en la construcción de flautas (Gudemos 1998a; 2001a, b; García Hernández, Gudemos y Ortiz García 2000), análisis acústicos propiamente dichos, etc. Lógicamente, estas estrategias se comprenden en el ámbito de la participación interdisciplinaria, que consideramos fundamental.

Uno de los procedimientos diseñados para el estudio de las flautas arqueológicas de la Costa Central de Perú se desarrolló en el año 2000 con metodología estadística<sup>3</sup>. Su aplicación tuvo por resultado el descubrimiento de la existencia de módulos de afinación claramente establecidos y de los procedimientos de su utilización en la afinación de flautas óseas longitudinales. Asimismo, este procedimiento permitió incorporar al rango material de análisis aquellos aerófonos arqueológicos semejantes, cuyas estructuras organológicas se hallaban seriamente dañadas, por lo tanto acústicamente no funcionales, que antes no podían someterse al análisis a partir de su producción sonora. Este estudio ofrecía así una nueva perspectiva de trabajo en nuestra investigación.

Por este descubrimiento supimos que los complejos culturales asentados en la Costa Central de Perú en los periodos de Expansión Huari (500-1000 d.C., aproximadamente) y de los Estados Regionales (1000-1400 d.C.) (Sánchez Montañés 1986) desarrollaron un sistema de determinación acústica integrado por diferentes módulos de afinación, de los cuales pudimos identificar cinco<sup>4</sup> a través del análisis por métodos estadísticos. Este análisis, con su correspondiente constatación por estudio comparativo, se llevó a cabo en primera instancia sobre un total de 54 flautas óseas arqueológicas pertenecientes a las colecciones del Ethnologisches Museum de Berlín [EM]<sup>5</sup>,

---

<sup>3</sup> Investigación desarrollada en los laboratorios del Museo de América de Madrid para la Tesis Doctoral en Arqueomusicología Americana «La música como emblema de poder en los Andes Centromeridionales». Universidad Complutense de Madrid.

<sup>4</sup> Denominados oportunamente *Pachacámac*, *Ancón*, *Chancaay*, *Chancaay* [G] y *Ocucaje*, respectivamente. Identificamos un sexto módulo, *Chancaay* [Gb] (Gudemos 2001b), pero aún debemos localizar un número mayor de ejemplares con características semejantes para constatar que los analizados no son ejemplares aislados. Los módulos *Chancaay* [G] y *Chancaay* [Gb] fueron casi exclusivamente aplicados en la afinación de flautas construidas con tibias de camélidos (véase figura 8); no hemos registrado hasta ahora flautas construidas con huesos humanos en las que se hayan aplicado estos módulos de afinación. Esta aclaración se realiza por el interrogante que Dale Olsen formula respecto a dos flautas, que nosotros consideramos de la tipología *Chancaay* [G] (Olsen 2005: 39-40, figura 3.1. *medio* y figura 3.2. *arriba*). Lamentablemente, las fotografías publicadas por este autor no tienen referencia métrica, pero por las frecuencias que obtuvo, pudimos estimar por aproximación la longitud acústica de la flauta de la figura 3.1. *medio* (Olsen 2005: 39) y, a partir de ella, determinar su módulo de afinación. La caña ósea de este ejemplar, que conserva gran parte del extremo distal del hueso, pertenece a una tibia de camélido, posiblemente *Lama glama*; no es una tibia humana, como tampoco lo sería el hueso, con cuya diáfisis se construyó la flauta de la figura 3.2. *arriba* (Olsen 2005: 40). Olsen publica estos ejemplares como «Nasca». Por los estudios que hemos llevado a cabo sobre estos aerófonos, creemos que, en este caso particular, son más tardíos.

<sup>5</sup> El estudio de los ejemplares pertenecientes a las colecciones del Ethnologisches Museum de Berlín se llevó a cabo en los años 1997 y 2000 con fondos del Deutscher Akademischer Austauschdienst [DAAD] y del Programa de Reforma de la Educación Superior (Escuela de Artes, Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad Nacional de Córdoba) [FOMECA], respectivamente.

**Figura 1:** Flauta G2795 [MVM], caras anterior y posterior (longitud: 117 mm; ancho en la mitad de la caña ósea: 15 mm). En la cara anterior el orificio superior se anuló con un tapón de cerámica, asegurado con pintura y resina. El pequeño orificio inferior, hacia el costado derecho, se anuló con una pasta de cerámica molida y resina. La abertura del tubo óseo de esta flauta, en su extremo inferior, posee restos de un modelado de resina (véase detalle ampliado). Dichos restos indicarían que el constructor habría dejado en ese extremo sólo un orificio circular de aproximadamente 6 mm de diámetro en el medio de la abertura ósea. Esta evidencia constata la búsqueda de una mejor calidad sonora del instrumento. Fotografías de la flauta gentileza del Museum für Völkerkunde, Munich. Fotografía del detalle: M. Gudemos.



del Museo Arqueológico de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Lima [MAUSM] y del Museo e Instituto de Arqueología (Museo Inka) de la Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco [MI]<sup>6</sup>. Estos módulos de afinación constituyen una prueba más de que los andinos también determinaron complejas organizaciones sonoras, diferentes a las comprendidas en el así llamado «pentafonismo andino», tan defendido histórica y musicológicamente como base de la cultura musical andina prehispánica<sup>7</sup>.

Este sistema de determinación acústica contemplaba, también, una metódica selección y laboreo de la materia prima, corrección de tubos acústicos con sustancias resinosas (figura 1); instancias de prueba de afinación e incluso el cambio de afinación de un determinado ejemplar y la inserción en el interior del tubo de columnas transversales de resina para la obtención de variables tímbricas.

Tanto las observaciones previas efectuadas en esta investigación desde 1997, como los resultados obtenidos a partir de la aplicación de métodos estadísticos, fueron publicados oportunamente por el *Baessler Archiv* (Berlín, Alemania) en los años 1998 y 2001 (véase Gudemos 1998a y 2001b), respectivamente, y por el Centro de Investi-

<sup>6</sup> Los estudios llevados a cabo en Perú (1997) contaron con fondos FOMECA.

<sup>7</sup> La reproducción de aerófonos andinos prehispánicos nos permite, incluso, experimentar con la interesante diastematía microtonal que producen algunos de ellos. A propósito de este tema véase Olsen 2005: 38-42.

gaciones de la Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina) en el año 2000 (García Hernández, Gudemos y Ortiz García 2000).

Aunque los avances logrados ya acusaban órdenes de correspondencia entre los módulos de afinación individualizados, aún era necesario diseñar nuevas estrategias analíticas que nos permitieran verificar el principio determinante de los mismos. En esta etapa de investigación, sumando el análisis de los ejemplares de las colecciones del Museum für Völkerkunde de Munich<sup>8</sup>, constatamos que dichos módulos habrían sido diseñados a partir de un único principio de correlación de longitudes proporcionales. Dicha constatación es el tema propuesto en este artículo.

## 2. Hipótesis

Los instrumentos musicales que aquí se estudian son flautas óseas longitudinales, aisladas, sin canal de insuflación y abiertas, con orificios de obturación (clasificación taxonómica: 421.111.12). La aplicación sistemática de módulos de afinación, por parte de los complejos culturales prehispánicos de la Costa Peruana, contemplaría una relación de correspondencias directamente proporcional a la longitud acústica de los cuerpos tubulares de las flautas. Esta relación quedó expuesta cuando cotejamos las primeras constantes arrojadas por la base de datos de los registros de medición. En efecto, dichas constantes permitieron individualizar ejemplares que, aun con diferentes longitudes acústicas, estaban afinados conforme a un mismo módulo o patrón, cuya aplicación determinaba con relativa exactitud la ubicación de cada uno de los orificios de obturación (véase figura 4). Conforme a los avances de investigación, se enuncia como hipótesis que, conceptualmente, estos complejos culturales habrían buscado correspondencias por correlación, antes que alturas determinadas. Esto es, que los módulos aplicados no determinarían sonidos puntuales, sino series de longitudes correlacionadas, con resultantes diastemáticas específicas.

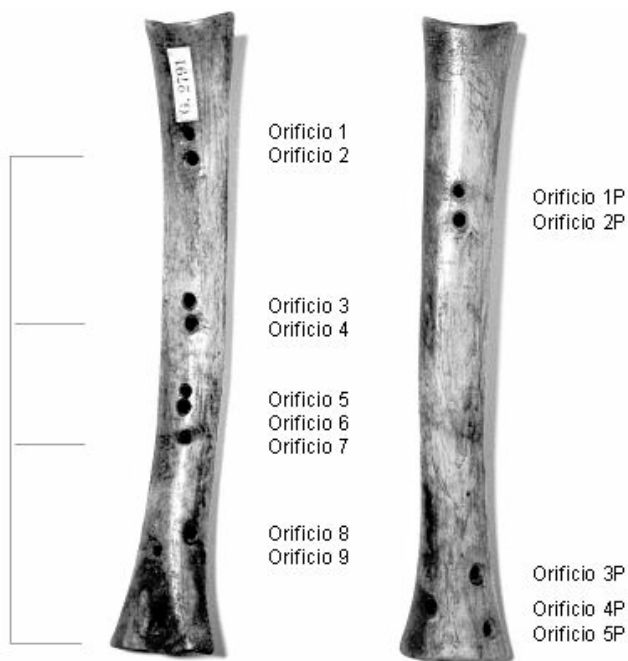
## 3. Un modelo organológico

Sin lugar a dudas, el estudio en el año 2003 del ejemplar G2791, perteneciente a la colección Dr. Gaffron del Museum für Völkerkunde de Munich [MVM] (figuras 2 y 5) fue interesante, puesto que se trataría de un modelo, es decir de un registro técnico de información «codificado materialmente», valga la expresión, en un modelo organológico específico. Este ejemplar, que contiene varias instancias de afinación, permitió verificar que todas ellas fueron proyectadas a partir de un mismo principio de correlación. Si bien anteriormente se habían analizado ejemplares en proceso de construcción y ejemplares con perforaciones acústicas claramente anuladas con sellos de cerámica, resina y pintura (Gudemos 1998a y 2001b), lo que posibilitó junto a otras evidencias inferir la aplicación de módulos de afinación por longitudes proporcionales,

---

<sup>8</sup> Investigación llevada a cabo con fondos del Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD).

**Figura 2:** Ejemplar G2791 [MVM], caras anterior y posterior. Con corchetes se indica la distancia entre el borde inferior de la flauta y los orificios anteriores 2, 4 y 7, dispuestos conforme al módulo de afinación *Pachacámac*. Fotografías gentileza del Museum für Völkerkunde, Munich.



el ejemplar Gaffron permitió efectuar bajadas estadísticas de diferentes procesos de aplicación de un mismo módulo de afinación en una misma flauta.

Ejemplar G2791 [MVM]<sup>9</sup>

Longitud total del objeto	133 mm
Ancho (calibrado en la mitad del tubo)	14 mm
Dimensiones de Embocadura	11,5 x 20 mm
Orificio 1, cara anterior	107 mm
Orificio 2, cara anterior	102 mm
Orificio 3, cara anterior	73 mm
Orificio 4, cara anterior	68 mm
Orificio 5, cara anterior	54 mm
Orificio 6, cara anterior	51 mm
Orificio 7, cara anterior	45 mm
Orificio 8, cara anterior	25 mm
Orificio 9, cara anterior	21 mm
Orificio 1, cara posterior	96 mm
Orificio 2, cara posterior	90 mm
Orificio 3, cara posterior	18 mm
Orificio 4, cara posterior	11 mm

<sup>9</sup> La distancia en milímetros que se indica para cada uno de los orificios, corresponde a la distancia que existe entre el centro de los mismos y el borde inferior de la flauta. *Borde inferior*: el borde del extremo opuesto al de la embocadura. Identificamos el orificio más cercano a la embocadura con el número 1. El resto de los orificios se identifica con el número correspondiente a su posición respecto del orificio 1, en el orden numérico ascendente. Igualmente se procede en este caso con los orificios de la cara posterior.

Orificio 5, cara posterior	7 mm
Dimensiones abertura inferior	11 x 22 mm
Espesor de pared (en embocadura)	1 mm.
Ø de orificios	2 a 4 mm.

El tubo óseo de esta flauta corresponde a una diáfisis de Radio-Ulna de camélido, posiblemente *Lama glama* o *Lama pacos*, perfectamente pulida, como en la mayoría de los casos, por dentro y por fuera (figura 3). Básicamente, este ejemplar fue sometido a diferentes instancias de afinación a partir de la aplicación de un mismo módulo de afinación, adaptado según las diferentes longitudes acústicas consideradas oportunamente. En efecto, la longitud acústica de esta flauta fue «ajustada» en varias oportunidades durante el proceso de afinación, correspondiendo a cada «ajuste» una adaptación proporcional del módulo de afinación predeterminado. En este caso, el módulo corresponde a la tipología *Pachacamac*<sup>10</sup> (figura 4).

Como observamos, dicha tipología reúne los ejemplares con tres orificios de obturación en la cara anterior y uno en la cara posterior, específicamente dispuestos. El ejemplar Gaffron tiene 14 perforaciones acústicas<sup>11</sup>, 9 en la cara anterior y 5 en la cara posterior. En este artículo, por razones de espacio, presentamos sólo los pasos determinantes de la constatación. Procedamos, pues, con el análisis.

#### 4. Análisis y constatación

En el cuadro 1 presentamos las Medias Generales [MG] de los índices correspondientes a la ubicación de cada uno de los orificios anteriores de la tipología *Pachacamac*<sup>12</sup>. Estas [MG] constituyen la proporcionalidad interna del módulo de afinación estándar de la mencionada tipología<sup>13</sup>, proporcionalidad que, con el rango de variabilidad contemplado para este tipo de objetos, encontramos en las flautas *Pachacamac*, aún cuando sus longitudes acústicas no sean semejantes (figura 4).

Cuando determinamos los índices correspondientes a la ubicación de los orificios perforados en la cara anterior del ejemplar Gaffron, considerando una longitud acústica [ $L_a$ ] igual a la longitud total [ $L_t$ ] de la caña ósea<sup>14</sup>, observamos que los índices de los orificios 2, 4 y 7 se encuentran en el rango de los índices correspondientes a los ori-

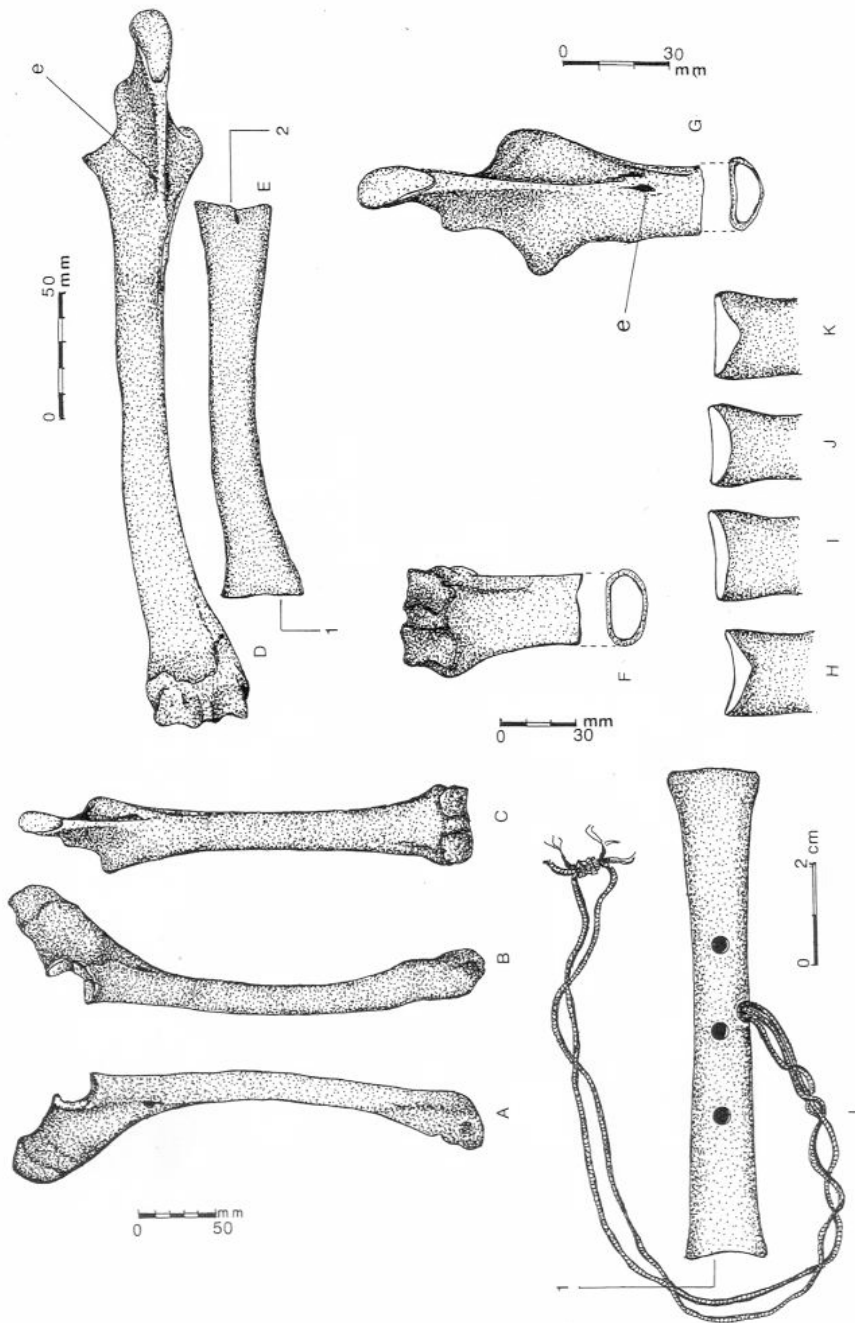
<sup>10</sup> En esta tipología también registramos flautas construidas con diáfisis de Radio de cérvido, principalmente *Odocoileus virginianus* (véase estudio en detalle en Gudemos 2001b).

<sup>11</sup> Esta flauta posee un orificio próximo al borde del extremo inferior que no es acústico ( $D$  en figura 5); se trata de la perforación de la depresión natural del espacio interóseo (véase  $e$  en figura 3). Seguramente esta perforación se produjo durante el corte de la caña ósea en ese extremo. Se observan restos de sustancias resinosas con las que habría sido obturada, para que no modificara la longitud acústica determinada en primera instancia.

<sup>12</sup> El nombre de cada tipología corresponde a la procedencia de aquellos ejemplares que, por sus características organológicas, fueron considerados estándar (Gudemos 1998a).

<sup>13</sup> No detallamos cada una de las instancias del proceso de obtención de estos índices, porque ya lo hicimos oportunamente en anteriores trabajos (Gudemos 2001b).

<sup>14</sup> Consideramos «Longitud acústica» [ $L_a$ ] aquella que determina el sonido fundamental de una flauta y «Longitud Total» [ $L_t$ ] aquella correspondiente al largo total del cuerpo de una flauta, incluyendo decorados o secciones sin utilidad acústica propiamente dicha.



**Figura 3.** Radio/Ulna de camélido (*Lama glama*). A vista lateral, B vista medial, C vista caudal, D vista caudal, E diáfisis empleada como tubo acústico de flauta, F sección de corte del extremo distal, G sección de corte del extremo proximal, H, I, J y K bordes de embocadura de flautas, L flautilla *Pachacámac* (ejemplar 363.03 B-001 [MAUSMI]), 1 extremo de embocadura, 2 extremo interóseo. Dibujos: M. Gudemos.

**Cuadro 1:** [MG] correspondientes a los orificios anteriores de las flautas *Pachacámac*

Tipología	Orificio 1	Orificio 2	Orificio 3
Pachacámac	74.32	45.82	32.35

**Cuadro 2:** Índices correspondientes a los orificios anteriores del ejemplar G2791 [MVM]

Orif. 1	Orif. 2	Orif. 3	Orif. 4	Orif. 5	Orif. 6	Orif. 7	Orif. 8	Orif. 9
80.45	76.69	54.88	51.12	40.60	38.34	33.83	18.79	15.78

**Cuadro 3:** Índices correspondientes a los orificios 1, 3, 5 y 6 del ejemplar G2791 [MVM]

Orificio 1	Orificio 3	Orificio 5	Orificio 6
76.78	46.42	29.46	26,78

**Cuadro 4:** Índices de los orificios posteriores 1P y 2P del ejemplar G2791 [MVM] ( $L_a = L_t$ )

Orificio 1P	Orificio 2P
72.18	67.66

ficios de obturación 1, 2 y 3, respectivamente, de la tipología *Pachacámac* (véase cuadro 2 y figura 2).

Emerge entonces como dato que, en una primera instancia de afinación, se habría aplicado el módulo *Pachacámac*, considerando como longitud acústica la longitud total de la flauta. Pero también surge como dato de interés que el punto medio de la longitud acústica considerada habría sido determinante en la aplicación del módulo de afinación, tanto, que allí se demarcó el orificio 4 (equivalente al orificio 2 en la tipología *Pachacámac*)<sup>15</sup> y a partir de él, en una relación directamente proporcional, los orificios 2 y 7 (correspondientes, respectivamente, a los orificios anteriores 1 y 3 de la mencionada tipología).

De los orificios posteriores, cuyos índices de ubicación vemos en el cuadro 4, sólo el 2P ( $A$  en figura 5) se aproxima a la [MG] correspondiente al orificio posterior de esta tipología, igual a [62.25].

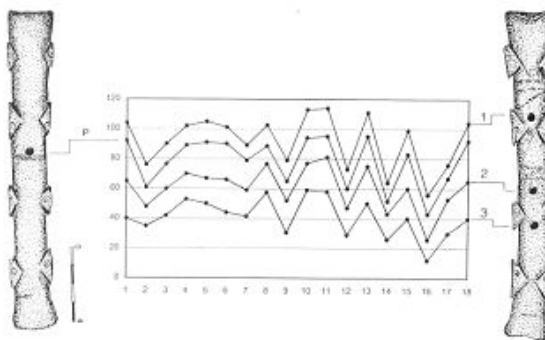
La longitud acústica de esta flauta varió sin duda con los orificios practicados en ambas caras del extremo inferior. Obviamente, cada uno de esos ajustes de longitud acústica exigió un ajuste directamente proporcional del módulo de afinación aplicado.

A simple vista podemos observar cómo esos ajustes determinaron nuevas perforaciones de los orificios de obturación, muy próximas a las ya existentes (figuras 2 y

<sup>15</sup> Se observan claramente las marcas efectuadas por el constructor, determinando el lugar de perforación de los orificios 2 y 4. Véase figura 5.



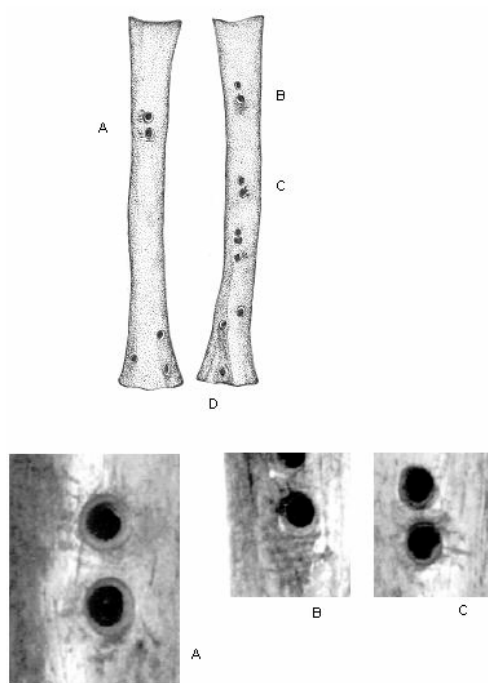
**Figura 4:** Tipología *Pachacámac*. Arriba: caras anterior y posterior de los ejemplares VA39166 [EM], VA37636 [EM], VA39182 [EM], VA39198 [EM], VA39158 [EM], VA38164 [EM]. Fotografías gentileza del Ethnologisches Museum Berlín (Gudemos 2001a). Abajo: gráfico estadístico de la distribución de los orificios de digitación en esta tipología. Ejemplar dibujado como modelo: VA39202 [EM]. Ordenadas = distancia de cada orificio al borde inferior de la flauta (en mm). Abscisas = cantidad de ejemplares considerados en uno de los estudios estadísticos.



5). Pero para constatar lo dicho fue necesario someter dichos «ajustes» a un nuevo análisis.

Determinamos, entonces, el índice correspondiente a la ubicación de los orificios anteriores 1, 3, 5 y 6 del ejemplar Gaffron, considerando la longitud acústica establecida por el orificio 8, perforado también en la cara anterior.

En el cuadro 3 observamos cómo los índices de los orificios 1, 3 y 5 de esta flauta se aproximan, respectivamente, al rango de los índices de los orificios anteriores 1, 2 y 3 de la tipología *Pachacámac*. El orificio 6 se aleja del rango. Aparentemente, se trataría de una prueba de perforación del orificio 5.



**Figura 5:** Ejemplar G2791 [MVM], caras posterior y anterior. En esta flauta se observan claramente las marcas que indicaban el lugar de perforación de los orificios 1P, 2P (A cara posterior) y 2, 4 (B, C cara anterior); véase detalles. Con la letra D se señala la perforación del espacio interóseo, sin funcionalidad acústica. Dibujo: M. Gudemos.

**Cuadro 5:** [MG] correspondientes a los orificios de obturación de las flautas analizadas\*

MG de Tipología	Orificio 1	Orificio 2	Orificio 3	Orificio 4	Orificio Posterior
Pachacámac	74.32	45.82	32.35	...	62.25
Ancón	75	53.7	39.4	25.8	64.89
Chancay	76.3	56	35.61	...	...
Ocucaje	76.76	61.43	45.53	28.9	...
Chancay [G]	71.69	59.96	48.44	36.34	...

\* A los 54 ejemplares considerados estadísticamente en primera instancia (Gudemos 1998a y 2001b), se sumaron los ejemplares estudiados en el [MVM] en el año 2003 y aquellos ejemplares del [EM] analizados en el año 2000, que no fueron considerados en los primeros análisis estadísticos. De los ejemplares seleccionados (82 en total) se exceptuaron 3, correspondientes a un posible sexto módulo de afinación, denominado Chancay [Gb] (véase nota 4). Los índices correspondientes a la disposición de los orificios de obturación de cada uno de los 79 ejemplares restantes, responde al rango de alguna de las tipologías determinadas en esta investigación, hecho que sin duda deja en evidencia la existencia de una notable tradición musical en el Mundo Andino prehispánico.

**Cuadro 6:** Correspondencia entre las [MG] de la ubicación de los orificios de las tipologías *Pachacámac*, *Ancón* y *Chancay*

MG de Tipología	Orificio 1	Orificio 2	Orificio 3	Orificio 4	Orificio Posterior
Pachacámac	74.32	45.82	32.35	...	62.25
Ancón	75	53.7	39.4	25.8	64.89
Chancay	76.3	56	35.61	...	...

**Cuadro 7:** Correspondencia entre las [MG] de la ubicación de los orificios de las tipologías *Ocucaje* y *Chancay* [G]

MG de Tipología	Orificio 1	Orificio 2	Orificio 3	Orificio 4
Pachacámac	76.76	61.43	45.53	28.9
Chancay [G]	71.69	59.96	48.44	36.34

**Cuadro 8:** Correlación existente entre los diferentes módulos de afinación determinados. Coeficiente de correlación (*r*)

Tipología	<i>r</i> entre orificios 1 y 2	<i>r</i> entre orificios 2 y 3	<i>r</i> entre orificios 3 y 4	<i>r</i> entre orificios 1 y P*	<i>r</i> entre orificios 2 y P*
Pachacámac	0.34	0.98	0.98	0.54	0.97
Ancón	0.91	0.98	...	0.36	0.71
Chancay	0.99	0.99	0.99	...	...
Ocucaje	0.79	0.98	...	...	...
Chancay [G]	0.99	0.99	0.98	...	...

\* P = orificio posterior

Se constataría así una segunda instancia de afinación conforme al módulo *Pachacámac*, sólo que esta vez se observa un «desajuste» con respecto al punto medio de la nueva longitud acústica. Éste, aunque muy próximo al orificio 3, no coincide con él, sí en cambio cuando se considera como longitud acústica la establecida por el orificio 9.

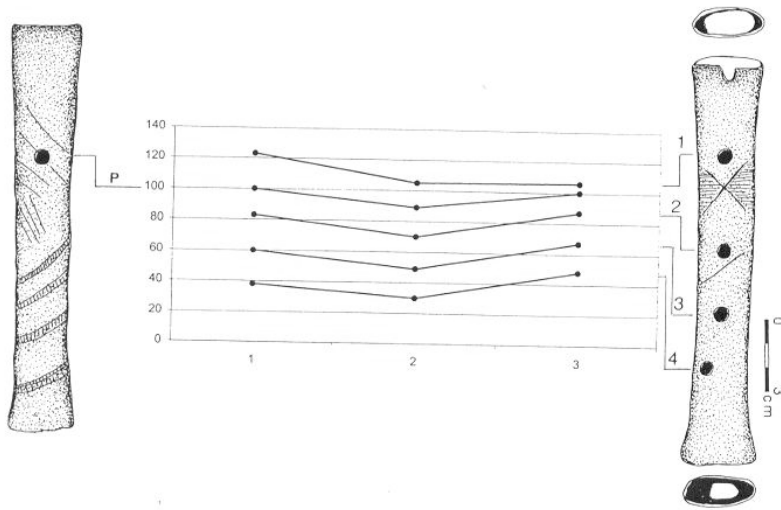
Los índices de los orificios anteriores 1, 3 y 5 del ejemplar Gaffron, en directa proporción con este ajuste del «margen de error» de la longitud acústica, siguen contenidos en el rango establecido para los orificios anteriores 1, 2 y 3, respectivamente, de la mencionada tipología.

Al mismo ajuste y rango responde la perforación del orificio posterior 2P, cuyo índice es igual a [61.8]. Recordemos que la [MG] para la ubicación del orificio posterior en esta tipología es [62.25].

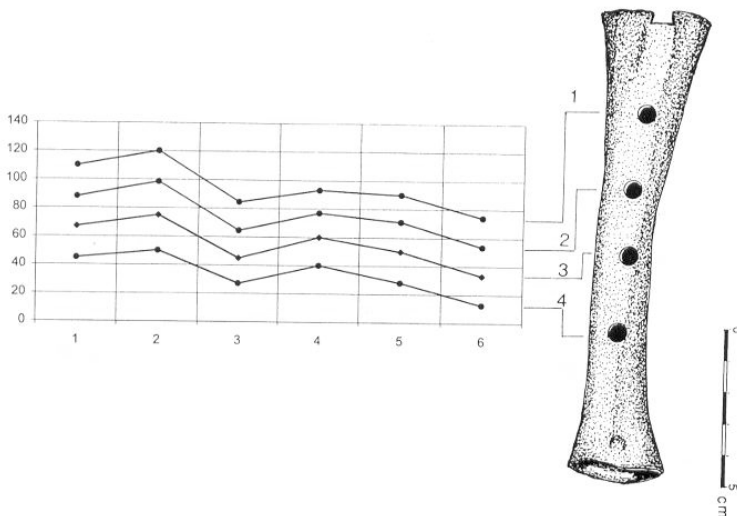
Resumiendo, las diferentes instancias de afinación habrían sido determinadas en forma directamente proporcional a las longitudes acústicas consideradas y los módulos de afinación se habrían aplicado técnicamente a partir del punto medio de las mismas. Esta constante de correlación obtenida a partir del análisis del ejemplar Gaffron se suma a las constantes observadas en anteriores procesos analíticos (Gudemos 2001b). Veamos.

En los cuadros 5, 6 y 7 se muestra cuán elocuentes son los datos que arrojaron las bases estadísticas. Valga como ejemplo la aproximación de las Medias Generales de los índices correspondientes a la ubicación del primer orificio anterior en todos los módulos de afinación determinados.

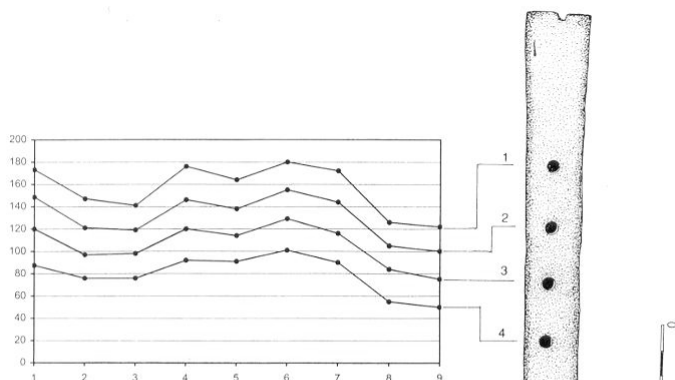
No obstante tal elocuencia, fue necesario analizar nuevamente todos los datos, para ver si las constantes surgían a partir de un mismo principio de correlación, en el que el punto medio de la longitud acústica incidía directamente, como se enunció en la hipótesis.



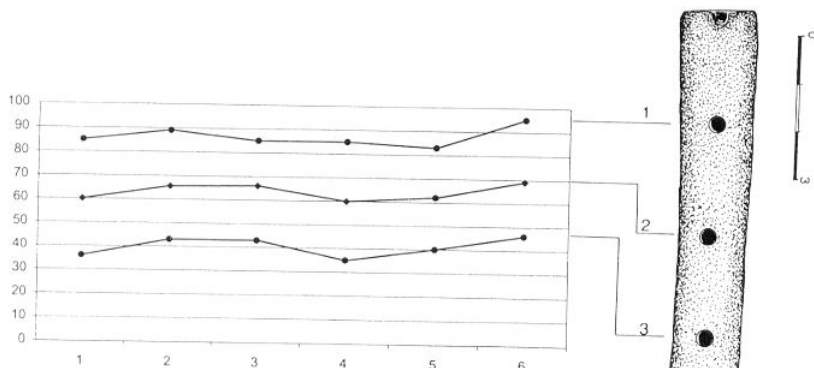
**Figura 6:** Tipología *Ancón*. Material: diáfisis de Radio/Ulna de camélido. Gráfico estadístico de la distribución de los orificios de digitación en esta tipología. Ejemplar dibujado como modelo: VA4891 [EM]. Véase en el dibujo cómo se corrigió el perfil del aeroducto con sustancias resinosas. Ordenadas = distancia de cada orificio al borde inferior de la flauta (en mm). Abscisas = cantidad de ejemplares considerados en uno de los estudios estadísticos. [A esta tipología correspondió el primer módulo de afinación aplicado al ejemplar G2795 [MVM], que mostramos en la figura 1. La anulación de los orificios anteriores 1 y 4, determinó una afinación conforme al módulo *Pachacámac*. Esta flauta es un claro ejemplo de la aplicación de diferentes módulos de afinación sobre una misma caña ósea.]



**Figura 7:** Tipología *Ocucaje*. Material: diáfisis de Fémur de camélido. Gráfico estadístico de la distribución de los orificios de digitación en esta tipología. Ejemplar dibujado como modelo: 363.03 B-024 [MAUSM] Ordenadas = distancia de cada orificio al borde inferior de la flauta (en mm). Abscisas = cantidad de ejemplares considerados en uno de los estudios estadísticos. [En esta tipología también registramos flautas construidas con diáfisis de Fémur de cérvido, principalmente *Odocoileus virginianus* (véase estudio en detalle en Gudemos 2001b).]



**Figura 8:** Tipología *Chancay* [G]. Material: Tibia de Camélido. Gráfico estadístico de la distribución de los orificios de digitación en esta tipología. Ejemplar dibujado como modelo: VA62988 [EM]. Ordenadas = distancia de cada orificio al borde inferior de la flauta (en mm). Abscisas = cantidad de ejemplares considerados en uno de los estudios estadísticos.



**Figura 9:** Tipología *Chancay*. Material: diáfisis de Radio/Ulna de camélido. Gráfico estadístico de la distribución de los orificios de digitación en esta tipología. Ejemplar dibujado como modelo: VA33701 [EM]. Ordenadas = distancia de cada orificio al borde inferior de la flauta (en mm). Abscisas = cantidad de ejemplares considerados en uno de los estudios estadísticos.

A tales efectos, aplicamos a la base de datos el coeficiente de correlación lineal de Pearson (véase cuadro 8 y la sección 4.1), constatando no sólo la total correlación entre la determinación proporcional de los orificios anteriores 2 y 3 en todos los módulos de afinación, sino que dicha correlación responde precisamente al punto medio de la longitud acústica considerada (coincidente técnicamente con la demarcación del orificio 2 o del orificio 3, según la tipología), a partir del cual se determinaría la posición del resto de los orificios de obturación conforme al módulo de afinación aplicado, en un orden proporcional de relaciones longitudinales.

4.1. Procedimiento estadístico aplicado

Dado que: 
$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \tag{1}$$

$$\Rightarrow MI = \frac{\left(\frac{x_1 \cdot 100}{x_L}\right) + \left(\frac{x_2 \cdot 100}{x_L}\right) + \left(\frac{x_3 \cdot 100}{x_L}\right) + \dots + \left(\frac{x_N \cdot 100}{x_L}\right)}{N} \tag{2}$$

donde:  $x_n$  es la distancia a la base de cada orificio,  
 $N$  es el número de orificios  
 y  $x_L$  es la longitud total de cada flauta.

Así, si:

$$MG = \frac{\sum \left(\frac{x_i \cdot 100}{x_L}\right)}{n} \tag{2.1}$$

para la variante «orificio 1», por ejemplo,  
 donde  $n$  es el número de ejemplares considerados.

$$\Rightarrow MT = \frac{\frac{\sum \left(\frac{x_1 \cdot 100}{x_L}\right)}{n} + \frac{\sum \left(\frac{x_2 \cdot 100}{x_L}\right)}{n} + \frac{\sum \left(\frac{x_3 \cdot 100}{x_L}\right)}{n} + \dots + \frac{\sum \left(\frac{x_N \cdot 100}{x_L}\right)}{n}}{N} \tag{3}$$

Si 
$$S_x^2 = \frac{1}{n-1} \left( \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right) \tag{4}$$

$$\Rightarrow S_x = \sqrt{S_x^2} \tag{5}$$

donde  $S_x^2$  es la varianza muestral  
 y  $S_x$  es la desviación típica o estándar.

Si 
$$S_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N - 1}$$
  
 ó 
$$S_{xy} = \frac{\sum xy - \left(\frac{\sum x \sum y}{N}\right)}{N - 1} \tag{6}$$

donde:  $\sum xy$  = sumatorio del producto de  $x$  por  $y$ .  
 $\sum x$  = sumatorio de los valores de  $x$   
 $\sum y$  = sumatorio de los valores de  $y$   
 $S_{xy}$  = covarianza

$$\Rightarrow r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} \quad (7)$$

donde  $r$  = coeficiente de correlación lineal de Pearson  
 $S_x ; S_y$  = desviaciones típicas muestrales

## 5. Conclusiones

Queda así demostrado que estos módulos de afinación habrían sido determinados acústicamente a partir de un mismo principio de correlación, lo que nos llama la atención sobre la especialización de los constructores de estos aerófonos. Tanto el conocimiento que tuvieron de los principios acústicos básicos, como el sistema constructivo que diseñaron para «materializar» tal conocimiento en estas flautas son notables. Sin duda, la sistematización que observamos a través del estudio de los módulos de afinación por longitudes proporcionales fue el resultado de un largo proceso de pruebas que, sospechamos, se habría iniciado con la conjunción de principios acústicos y técnicos manejados en las regiones culturales de la costa sur de Perú y circuntitica, respectivamente. En efecto, en nuestros estudios (aun inéditos) hemos observado que los principios acústicos básicos que se tuvieron en cuenta para la afinación de estas flautas ya eran conocidos por complejos culturales Nasca e incluso por complejos Paracas hacia finales del Formativo, y que la forma de laboreo del material óseo, por lo menos en lo que a selección, corte y pulido de cañas óseas se refiere (especialmente de diáfisis de Radios/Ulnas de camélido y Radios de cérvido) ya se daba en ocupaciones Tiahuanaco como Lukurmata (véase, por ejemplo, Janusek 1999). Particularmente, pensamos que el posterior desarrollo del diseño original de estos módulos de afinación aplicados a flautas óseas y su correspondiente sistematización fueron llevados a cabo por complejos culturales Huari hacia finales del período denominado «de Expansión».

Para finalizar, como ya dijimos en anteriores trabajos (Gudemos 2001a), el desarrollo de sistemas de afinación como el que aquí analizamos pone en evidencia la existencia de una concepción musical muy compleja, al tiempo que refinada. Tanto, que nos obligó a diseñar nuevos procesos de análisis, puesto que la descripción y la determinación de frecuencias en este caso no fueron suficientes. Por ello, técnicamente, sugerimos no analizar en estos casos sólo frecuencias o alturas, sino la correlación existente entre los sonidos de cada instrumento musical y las posibles relaciones que entre dicha correlación y la de aquellos instrumentos complementarios o pertenecientes a la misma familia instrumental puedan existir. Correlación también verificable a través de bajadas estadísticas, como la que hemos llevado a cabo aquí, cuando el estado de conservación de los objetos no permite la emisión de sonido.

A propósito de esto último, tenemos por norma no experimentar con los objetos originales, por el deterioro que se les causa, principalmente en aerófonos arqueológicos de este tipo, en los que la materia ósea cede ante el calor y la humedad de la insuflación, fisurándose. Por ello, actualmente estamos trabajando en colaboración con los pastores de la Puna del Noroeste de Argentina en la reproducción de aquellos ejem-

plares que hemos considerado representativos de cada tipología descubierta. Seguramente, a partir de este trabajo, surgirán nuevos datos que nos permitirán conocer más profundamente la concepción musical andina prehispánica, de la que estas flautas son sólo un ejemplo.

## 6. Referencias bibliográficas

- GARCÍA HERNÁNDEZ, María Juana, Mónica GUEDEMOS y Elena ORTIZ GARCÍA  
2000 «Especialistas en la cosmovisión andina prehispánica». *Publicación del CIFYH* 1 (1): 103-143.
- GUEDEMOS, Mónica  
1998a «Flautas óseas precolombinas de la Costa Central de Perú. ¿organizaciones formales y sonoras preestablecidas?». *Baessler-Archiv* 46 (1): 107-134.  
1998b «Campanas arqueológicas de metal del Noroeste Argentino». *Anales del Museo de América* 6: 111-146.  
2001a *La música como emblema de poder en los Andes Centromeridionales. Estudios en Arqueomusicología Americana*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.  
2001b «Módulos de afinación prehispanos». *Baessler-Archiv* 48 (1): 43-105.  
2001c «Huayllaquepas. El sonido del mar en la tierra». *Revista Española de Antropología Americana* 31: 97-130.
- JANUSEK, John W.  
1999 «Craft and Local Power: Embedded Specialization in Tiwanaku Cities». *Latin American Antiquity* 10 (2): 107-131.
- OLSEN, Dale A.  
2005 *Music of El Dorado. The Ethnomusicology of Ancient South American Cultures*. Florida: University Press of Florida.
- SÁNCHEZ MONTAÑÉS, Emma  
1986 *Arte Indígena Sudamericano*. Madrid: Editorial Alhambra.