

Recuperación de la memoria sonora precolombina para la creación contemporánea

María Emilia Sosa Cacace

Universidad Nacional Tres de Febrero, Argentina
mescacace@untref.edu.ar

Lucas Mattioni

Universidad Nacional Tres de Febrero, Argentina
lmattioni@untref.edu.ar

Resumen

El presente artículo tiene por objetivo dar cuenta de los resultados de las investigaciones realizadas en el marco del proyecto interdisciplinario "Recuperación de la Memoria Sonora", el cual consiste en el estudio de los instrumentos musicales pertenecientes a colecciones arqueológicas del Museo de La Plata (Argentina), en vista de su reconstrucción, recuperación y re inserción en el tejido musical contemporáneo. Es llevado a cabo por un equipo interdisciplinario de investigadores de la Orquesta de Instrumentos Autóctonos y Nuevas Tecnologías de la UNTREF junto a arqueólogos de la Universidad Nacional de La Plata.

El proyecto articula arqueomusicología, acústica musical y construcción de instrumentos, utilizando tecnologías actuales (tales como de diseño y fabricación digital tridimensional mediante el uso de Sensores 3D, fotogrametría y LiDAR) así como a las antiguas técnicas de generación de sonido, con el fin de replicar los instrumentos a partir de un procedimiento de moldería preciso, sustentado en el registro, medición y análisis de las piezas originales.

En esta publicación se propone una metodología novedosa para la restauración temporal del sistema acústico de una pieza precolombina con faltantes en su sistema sonoro. Se detallan los procesos de estudio, análisis y reintegración combinando antiguas y nuevas tecnologías. Se considera relevante el aporte realizado en lo que respecta a la recuperación del patrimonio cultural de América, integrando los instrumentos precolombinos a la trama de la creación contemporánea, haciéndolos asequibles a los artistas y la comunidad. Asimismo,

realiza un aporte valioso para futuras investigaciones sobre los instrumentos musicales arqueológicos desde un enfoque integral.

Palabras claves: instrumentos musicales precolombinos; revalorización patrimonial; sonido; arqueomusicología; reconstrucción.

Title: Recovery of the Precolumbian Sonorous Memory for Contemporary Creation

Abstract

The present article aims to show the results of the research carried out within the interdisciplinary project "Recovery of the Precolumbian Sonorous Memory", which consists of the study of musical instruments of archaeological collections at the Museo de La Plata (Argentina), with the aim of reconstructing, recovering and reintegrating them into the contemporary musical field. It is developed by an interdisciplinary team of researchers from the Orchestra of Indigenous Instruments and New Technologies of the National University of Argentina at Tres de Febrero together with archaeologists from the National University of La Plata.

The project articulates music archaeology, music acoustics and native lutherie, using modern technologies (such as 3D design and printing through the use of scanners, photogrammetry and LiDAR) as well as ancient sound generation techniques, in order to replicate the instruments using a precise molding technique, based on the recording, measurement and analysis of the original instruments.

This article proposes a new methodology for the temporary restoration of the acoustic system of a Precolumbian piece with missing parts in its sound system. The study, analysis and reintegration processes are detailed, combining old and new technologies. The contribution made to recovery of the cultural heritage of America is considered relevant, integrating native instruments into contemporary creation thus making them accessible to artists and the community. Furthermore, It is a valuable contribution to future research on archaeological

musical instruments from a comprehensive approach.

Keywords: Precolumbian musical instruments; equity revaluation; sound; archeomusicology; reconstruction.

Introducción

Las culturas originarias de América plasmaron aspectos de su cosmovisión en la creación de instrumentos musicales técnicamente complejos, con características acústicas y rasgos estéticos notables que constituyen un legado arqueológico único en su tipo. El presente artículo tiene por objetivo dar cuenta de los resultados de las investigaciones realizadas en el marco del proyecto interdisciplinario "Recuperación de la Memoria Sonora" de la UNTREF y la UNLP.¹ Dicho proyecto consiste en el estudio de los instrumentos musicales pertenecientes a colecciones arqueológicas del Museo de La Plata, en vistas de su reconstrucción y recuperación para integrarlos al tejido musical contemporáneo.

La primer etapa del proyecto se desarrolló gracias a un trabajo interdisciplinario donde se articula arqueomusicología, acústica musical y construcción de instrumentos, utilizando tecnologías actuales (como de diseño y fabricación digital tridimensional mediante el uso de Sensores 3D y fotogrametría como también tecnología LiDAR) así como a las antiguas técnicas de generación de sonido, con el fin de replicar los instrumentos a partir de un sistema de moldería preciso sustentado en el registro, medición y análisis de las piezas originales.

En esta segunda etapa se trata un nuevo caso de estudio de una vasija sil-

¹ División Arqueología, Museo de la Plata, Argentina.

badora (MLP-Ar-5c) que presenta fal-tantes en su sistema de acústico. A fin de estudiar sus cualidades acústicas se realizó una intervención temporal para restaurar el sistema sonoro, teniendo en consideración los criterios actuales de la conservación que incluyen la mínima intervención, reversibilidad y respeto al original, permitiendo así su estudio sonoro.

Marco artístico-académico

El proyecto basa su marco conceptual en el modelo artístico-académico creado por Alejandro Iglesias Rossi y Susana Ferreres en la Universidad Nacional de Tres de Febrero (Buenos Aires, Argentina), el cual ha desarrollado a lo largo de más de una década el concepto del ‘músico integral’ (investigador-lutier-compositor-intérprete) y un trabajo de recuperación de los instrumentos autóctonos de nuestro continente. Este modelo está conformado por cuatro vectores: IDECREA Centro de Etnomusicología y Creación en Artes Tradicionales y de Vanguardia “Dra. Isabel Aretz”,² la Orquesta de Instrumentos Autóctonos y Nuevas Tecnologías, la Maestría en Creación Musical, Nuevas Tecnologías y Artes Tradicionales, y la Licenciatura en Música Autóctona, Clásica y Popular de América.

IDECREA Centro de Etnomusicología y Creación en Artes Tradicionales y de Vanguardia “Dra. Isabel Aretz” fue creado en el año 2004 por Alejandro Iglesias Rossi, Susana Ferreres e Isabel Aretz, quien regresara a la Argentina con el deseo de donar gran parte

del material bibliográfico producto del trabajo de toda su vida. El Centro surge de la confluencia de tres vertientes que se unifican: la investigación histórica etnomusicológica, la búsqueda de vanguardia en la creación artística y la exploración y compenetración con las manifestaciones iconográficas de las culturas autóctonas.

En su acto de creación del Idecrea, sus fundadores manifiestan su convicción de que

[...] tanto desde la investigación etnomusicológica, como desde la creación, se pueden volver a reunir elementos dispersos y extraviados que han generado un distanciamiento, y muchas veces una ruptura con nuestro acervo cultural. En su línea directriz de búsqueda, el IDECREA “Dra. Isabel Aretz”, tiene el propósito de recuperar el contacto con las fuentes autóctonas de América, no como una idealización o un retorno a un pasado sepultado, sino como el despertar de una semilla latente que solo necesita del genio creador que la asuma, para volver a dar su original y sustancial fruto dentro de las formas, estructuras, materiales, tecnologías contemporáneas que se han ido desarrollando.³

Dentro del Programa de investigación iconográfica y corporal en Arte Sagrado del Idecrea, Susana Ferreres fundó el primer Taller de Recuperación de Instrumentos Nativos de América en el ámbito académico, iniciativa sin precedentes dentro de la historia universitaria argentina. Dicho taller fue pionero en la formación del cuerpo docente especialista en lutería precolombina, así

² Se detalla el programa de investigación del Idecrea en: María Emilia Sosa Cacace, “La composición musical y lo ancestral: aproximación a la creación e investigación interdisciplinar en la Universidad Nacional de Tres de Febrero”. *Actas del Simposio de Composición e investigación musical latinoamericana* (Guayaquil: UArtes Ediciones, 2020): 73-96.

³ UNTREF “Centro de Etnomusicología y Creación en Artes Tradicionales y de Vanguardia” (2004). <https://untref.edu.ar/instituto/cedecrea-centro-de-etnomusicologia-y-creacion-en-artes-tradicionales-y-de-vanguardia-dra-isabel-aretz>

como en la creación de la licenciatura y la maestría y en seminarios nacionales e internacionales. Además, sentaría las bases que permitieron el desarrollo del corriente proyecto.

Dentro del Idecreea nace, como vector artístico de este Proyecto, la Orquesta de Instrumentos Autóctonos y Nuevas Tecnologías que en sus 15 años de existencia ha recorrido los cinco continentes, presentando la visión que le es propia. La Orquesta, dirigida musicalmente desde sus comienzos por Iglesias Rossi y con la dirección de Artes Visuales y Escénicas de Ferreres, parte de la concepción de otorgar la misma 'dignidad ontológica' a los instrumentos autóctonos que a aquellos heredados de la tradición europea, así como a los instrumentos surgidos de la tecnología digital; y funciona como laboratorio donde se aplica artísticamente todo lo investigado.⁴ De esta forma, la investigación en arte establece un diálogo constante con la formación académica materializada en las carreras de grado y posgrado. Dos ejemplos de esta plasmación son la Licenciatura en Música Autóctona, Clásica y Popular de América⁵ y la Maestría en Creación Musical, Nuevas Tecnologías y Artes Tradicionales.

Este paradigma de investigación y creación busca recuperar la lógica interdisciplinaria de las tradiciones espirituales de América. En efecto, en las culturas nativas de nuestro continente este eje se revela como fundamental ya que reúne la dimensión mitológica, ritual y simbólica religadas a la danza, la música, al canto, la medicina, así como a

la construcción de instrumentos y máscaras. De esta manera, este paradigma considera a los músicos e investigadores como seres capaces de cumplir este ciclo de conocimiento interdisciplinario integral. Para ello, cada miembro y estudiante se compromete a: a) realizar una investigación y sumergirse en esta, b) aplicarla en la reconstrucción de instrumentos y creación de máscaras, c) componer obras musicales (instrumentales y electroacústicas) así como obras de arte visual, d) interpretar las obras y brindar conciertos a la comunidad que den cuenta de estos procesos de investigación y de creación, e) transmitir ese conocimiento en los diferentes niveles académicos (como finalización del ciclo de este programa de formación integral).

Dicho proceso está atravesado transversalmente por el trabajo corporal, rescatando al gesto como un ámbito vital para el artista tanto desde lo compositivo como interpretativo.

Recuperación de la memoria sonora

En este contexto, la investigación "Recuperación de la Memoria Sonora" (2017- actualidad) surge como expresión de este ciclo integral aunando en sí mismo las diversas áreas de conocimiento aplicadas a la reconstrucción de instrumentos para la creación contemporánea. Mediante un trabajo interdisciplinario que articula arqueomusicología, acústica musical, construcción de instrumentos musicales y el empleo de tecnologías actuales (tanto las diseñadas por la acústica y la electrónica musical como las propias del diseño y la fabricación digital tridimensional), articuladas con las antiguas técnicas de generación de sonido, se obtuvo la información necesaria para

4 Se profundiza este concepto en: Alejandro Iglesias Rossi y Susana Ferreres, "Arte y Sacralidad en los Instrumentos Nativos de América" en *Planteo de un Arte Americano* de Rodolfo Kusch (Rosario, Argentina: Ed. Fundación Ross, 2012): 205-207.

5 Más información en: Alejandro Iglesias Rossi, "Descolonizando la Música: la creación de la primera Licenciatura en Música Autóctona, Clásica y Popular de América", en *Tsantsa Revista de Investigaciones Artísticas* N.º 10 (2020): 29-45.

replicar los instrumentos de manera precisa.

Producto del trabajo de la primera etapa surge la publicación “Recuperación de los sonidos de América Precolombina: nuevas y antiguas tecnologías aplicadas a la reconstrucción de instrumentos sonoros en las colecciones arqueológicas del Museo de La Plata” (2019). Dicho artículo fue publicado en la *Revista Arqueológica del Museo de La Plata*,⁶ y los autores conforman un equipo interdisciplinario e interinstitucional con arqueólogos de la UNLP, Guillermina Couso y Diego Gobbo, junto a los investigadores del Idecra María Emilia Sosa Cacace, Lucas Mattioni, y sus directores Alejandro Iglesias Rossi y Susana Ferreres.

Primera etapa del proyecto

En este avance de investigación se abordaron dos casos de estudio: una vasija silbadora chimú y una antara nasca de tubo complejo. Para la reconstrucción de ambos instrumentos se propuso un sistema que, sustentado en el registro, medición y análisis de las piezas originales, dio cuenta tanto de su forma exterior como de su complejo sistema sonoro. Además, con el objetivo de elaborar un catálogo audiovisual, se obtuvieron modelos 3D de ambos instrumentos, a partir de la técnica de fotogrametría, escaneo 3D y LiDAR (Laser Imaging Detection and Ranging).

En lo que respecta a este proceso, se presentaron dos situaciones diferentes según el caso de estudio:

a) Un instrumento musical precolombino con faltantes en su sistema de

sonido: la vasija silbadora chimú tenía una rotura en el sistema sonoro del silbato ubicado en el segundo cuenco. Esta pieza originalmente había sufrido una quebradura en la unión entre la embocadura (que afectaba el canal de aire) y el bisel del cuerpo resonador (silbato). La pieza contaba con una restauración sobre el cuerpo resonador pero no sobre su embocadura, razón por la cual la pieza original no lograba activar el sonido del silbato, sino que generaba un espectro de ruido por la dispersión del aire que en su mayor proporción se dirige fuera del mismo. Sobre la restauración del silbato, materiales utilizados, el criterio organológico (entre otros), no se encontró registro ni documentación en el fichaje del Museo.

b) Un instrumento musical precolombino con su sistema de generación de sonido en funcionamiento: el estado de conservación de la antara nasca a primera vista parecía completo, sin embargo, demostraba la restauración de una quebradura (un rasgo común en gran cantidad de flautas arqueológicas) a través de mastic (almáciga, material histórico de restauración). Esta rotura generaba fuga de aire en los dos tubos de mayor extensión (los más graves); el proceso había recuperado la morfología externa, pero no había restituido el comportamiento acústico de la pieza ya que dejaba pérdida de aire. Por lo tanto, para conocer exactamente el sonido de esos tubos, al momento de experimentar se procedió a tapar las pérdidas de aire, interpretando el segundo tubo, pero no fue posible hacer sonar el primer tubo de mayor longitud. Por lo tanto, a partir del estudio completo de la antara (MLP-Ar-781) se logró reconstruir la sonoridad única del instrumento y recuperar, a partir de las medidas del original, el sonido del tubo.

⁶ Alejandro Iglesias Rossi, Susana Ferreres, Lucas Mattioni, María Emilia Sosa Cacace, Guillermina Couso y Diego Gobbo, “Recuperación de los sonidos de América Precolombina: nuevas y antiguas tecnologías aplicadas a la reconstrucción de instrumentos sonoros en las colecciones arqueológicas del Museo de La Plata”, *Revista del Museo de la Plata*, Vol. 5, N.º 1 (2020): 383-406.

En ambos casos de estudio (a y b) se desarrolló un sistema de moldería que estableció un precedente confiable para la reconstrucción de este tipo de piezas, sustentado en el registro, medición y análisis de las piezas originales, que reproduce tanto su forma exterior como de su complejo sistema sonoro. Este sistema incluyó la impresión de los modelos 3D digitalizados de las piezas, en positivo y en negativo.

Asimismo, el trabajo desarrollado evidenció la importancia de articular técnicas digitales para generar un conocimiento más acabado acerca de los instrumentos. La utilización de dicha información en la construcción de réplicas permitió la comparación entre las posibilidades sonoras de las piezas originales y las réplicas, así como el buen desempeño de estas últimas, lo que las convierte en una herramienta de interés para el estudio acústico de los instrumentos musicales precolombinos.

Segunda etapa del proyecto

Esta segunda etapa de la investigación, dentro del proyecto mencionado, se desarrolla sobre el estudio de una vasija silbadora precolombina (MLP-Ar-5c), que presenta faltantes en su sistema de acústico. A fin de estudiar y analizar sus cualidades acústicas se propone una metodología para la restauración temporal del sistema sonoro a través de una reintegración matérica.

Las vasijas silbadoras han sido encontradas en contextos arqueológicos en Ecuador (culturas Chorrera, Bahía y Jama-Coaque), Perú (culturas Vicús, Moche, Recuay, Paraca-Nasca, Chimú, Lambayeque, Chancay e Inca), en Colombia (cultura Quimbaya y Calima) y en México (en las culturas Zapoteca, Teotihuacán, Mixteca y Nayarit).

Desde una visión organológica, las vasijas silbadoras se componen de uno,

dos o más cuencos que, unidos por tubos conectores y asas, conforman una estructura. Asimismo, poseen un tubo de insuflación (por donde también ingresa el líquido), y un silbato ubicado al extremo opuesto del tubo de insuflación. Dicho silbato es activado por las perturbaciones del flujo del aire, generadas por la presión que ejerce el líquido sobre este en el interior de la vasija al recorrer sus estructuras internas y dirigir el aire hacia el silbato. El sonido puede proyectarse directamente al exterior o a través de una cámara de resonancia; es decir, el silbato puede estar integrado en el exterior de una vasija (frecuentemente en el asa o como parte de los cuerpos escultóricos en el extremo opuesto del tubo de insuflación), o en el interior del cuerpo escultórico de una vasija (frecuentemente dentro de las cabezas de los cuerpos zoomorfos, antropomorfos, fitomorfos). En todos los casos existe una abertura que permite la salida y entrada del aire y la reproducción del sonido.

Históricamente estas piezas han sido analizadas desde varios aspectos a partir de su funcionalidad y uso,⁷ desde un análisis histórico⁸ y desde el estudio del sonido y sus particularidades organológicas.⁹

1. Características de la vasija silbadora MLP-Ar-5c del Museo de La Plata

La pieza MLP-Ar-5c de la Colección Peruana del Museo de La Plata, alojada en el Depósito N.º 6, es una vasija simple, compuesta por un cuenco modelado con una figura zoomorfa (ave) policroma. Cuenta con un asa puente que se extiende desde el tubo de insuflación hacia la parte posterior

7 Iván Amaro. *Reconstruyendo la identidad de un pueblo*. En K. Makowski, K. (comp.), Vicús (Lima: Banco de Crédito del Perú, 1994): 23-81.

8 César Bolaños. "Las flautas de Pan mochica y las botellas silbadoras norandinas", en *Revista del Museo Nacional* 49 (1997): 183-211.

9 Steven Garrett y Daniel Statnekov. *Peruvian whistling bottles* (1977). www.peruvianwhistles.com/jasa.html y José Pérez de Arce, "Análisis de las cualidades sonoras de las botellas silbadoras prehispánicas de los Andes", en *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, N.º 9, (2004): 9-33.



Figura 1: Estructura interna del instrumento

de la cabeza del ave, donde se encuentra el sistema sonoro: el cuerpo resonador del silbato se posa en el asa y el sistema de embocadura sobre la nuca del ave.

El ave de la vasija presenta dos tonalidades de color pleno: marrón claro en sus alas, pecho, cabeza, etc., (HUE 10YR 8/3 very pale brown según el código Pantone); y rojo claro (HUE 10R 7/2 pale red) en el flanco y la parte posterior del cuello. También está decorada con líneas de color rojo oscuro (HUE 10R 5/8 red) sobre el tubo de insuflación, alas, pecho y detalle de los dedos de los pies. La terminación de la pieza demuestra el brillo característico del bruñido, técnica tradicional de terminación pre cocción.

El tubo de insuflación presenta en su extremo superior un orificio (por donde ingresa el aire y el líquido a la pieza); su forma es cónica y conecta con el cuenco zoomorfo de la vasija. Este cuenco está modelado con un ave que presenta un lomo protuberante, alas sobre los laterales, una base plana de forma circular, un pequeño flanco, un pecho prominente, mentón, cabeza y pico. La zona del mentón, garganta y cabeza con pico protuberante actúa como reserva de aire, que direcciona el mismo hacia el orificio de la embocadura que se encuentra sobre la nuca del ave, al ras de la naciente del asa estribo. Dicho orifi-

cio (que corresponde al canal de aire) direcciona el aire hacia el bisel del silbato. Se trata de un silbato cuyo sonido se proyecta directamente al exterior sin pasar por una cámara de resonancia y se ubica sobre la naciente del asa estribo sobre la cabeza del ave (Figura 1).

Según la adaptación del sistema de clasificación organológica Sachs-Hornbostel, la vasija puede clasificarse como: 42.221.42 ocarina de soplo indirecto. Vasija silbadora.¹⁰

2. Estado de conservación de su sistema acústico

El estudio de esta vasija se inició con el registro, catalogación, investigación de



Figura 2: vasija silbadora MLP-Ar-5c del Museo de La Plata.

¹⁰ José Pérez de Arce y Francisca Gili, "Clasificación Sachs-Hornbostel de instrumentos musicales: una revisión y aplicación desde la perspectiva americana". *Revista Musical Chilena*, N.º 67, 219, (2013): 42-80.

archivo y captura fotográfica y la identificación de sus partes. En esta primera aproximación fue posible ver a simple vista una rotura en el cuerpo resonador del silbato. Luego se realizó una prospección acústica que permitió constatar que el mecanismo sonoro de la pieza no se encontraba en óptimo funcionamiento, de manera que producía únicamente ruido. Si bien casi la totalidad de los elementos del instrumento se encontraban bien conservados (el cuenco, base, rostro escultórico, asa y base), el silbato —elemento fundamental para la activación del mecanismo sonoro— presentaba partes faltantes. Conociendo en profundidad los principios de funcionamiento de los sistemas sonoros de instrumentos de viento precolombinos (embocadura y bisel) fue posible constatar que se trataba de una rotura en la pared del cuerpo resonador, específicamente en el área del bisel, lo que implica una apertura desproporcionada de la ventana de aire; en otras palabras, una gran pérdida del mismo (Figura 3).



Figura 3: Detalle del estado del sistema de generación de sonido

3. Reintegración matérico-acústica

En el caso particular de esta vasija, optamos por intervenir la pieza temporalmente a través de reintegración matérico-acústica, utilizando cera de alta calidad, lo que permitió la reconstrucción con precisión y delicadeza del sistema de generación de sonido original.

Este caso de estudio (c) es único y nuevo en el tipo de trabajos que realizamos con anterioridad. No se conocen investigaciones previas que hayan desarrollado este abordaje integrando conocimientos especializados en lutería precolombina, acústica musical y restauración sin intervenir de manera definitiva las piezas originales. A diferencia de la antara nasca MLP-Ar-781 (caso b) a la que se le taparon las pérdidas de aire, en esta instancia se reintegraron partes faltantes modeladas con medidas exactas.

Como se detalló anteriormente, pudimos constatar que la vasija silbadora poseía una rotura en el sistema sonoro, más específicamente en el bisel y en el cuerpo resonador del silbato.

Como se detalló anteriormente, pudimos constatar que la vasija silbadora poseía una rotura en el sistema sonoro, más específicamente en el bisel y en el cuerpo resonador del silbato.

4. Funcionamiento del silbato de la vasija silbadora

Para comprender en profundidad la ‘rotura’ de esta pieza es necesario aclarar la estructura y funcionamiento del tipo de silbato de las vasijas silbadoras, particularmente el estilo del antiguo Perú. Los silbatos son instrumentos musicales cuyo principio sonoro es el aire en vibración dentro y fuera de ellos. Estructuralmente están compuestos por un cuerpo resonador y un sistema de generación de sonido. Para estudiar los principios de generación de sonido se desglosarán los atributos de los aerófonos según su cuerpo resonador (morfología y volumen) y el mecanismo de generación de sonido.

Los cuerpos resonadores de los aerófonos pueden ser abiertos o cerrados. Los resonadores abiertos son los que disponen de dos o más orificios para la entrada y salida de aire, tales como la

quena, la flauta dulce, la flauta travesera, la tarka; y los cerrados son los que poseen un solo orificio para la entrada y salida de aire, como en el caso del silbato de esta vasija silbadora, así como las ocarinas, antaras o flauta de pan, pifilkas, tubos de órgano, entre otros.

La activación del mecanismo de generación de sonido (hacer vibrar el aire en los aerófonos) se genera a partir de un sistema de embocadura, ventana de aire y bisel, que está integrado a un cuerpo resonante (tubular, globular, etc.). Se encuentran dos tipos de embocaduras, las directas y las indirectas. Las directas son aquellas en las que los labios del intérprete actúan como aeroducto: quena, sikus, flauta travesera, silbatos de soplo directo; y las indirectas son aquellas llamadas flautas de filo, como la tarka, la flauta dulce, la ocarina o el silbato, que se sirven de una embocadura con un aeroducto que conduce el aire del intérprete hacia el bisel.

En la extensión de todo el continente se han encontrado innumerables silbatos de filo, cuyos sistemas de generación de sonido presentan gran cantidad de variables en cuanto a formas, proporciones, materiales. No obstante, es relevante tener en cuenta que en todos los casos se utilizan los mismos principios y estructuras.

En las vasijas silbadoras se observan dos tipos de silbato, uno se caracteriza por tener un sistema circular de embocadura-bisel-ventana de aire, y el otro, por tener un sistema rectangular de embocadura-bisel-ventana de aire.

En el caso de las vasijas silbadoras del antiguo Perú es frecuente encontrar el tipo de sistema circular, mientras que en culturas como las mesoamericanas (maya, mexica, teotihuacana, etc.) y las ecuatorianas (Jama Coaque principal-

mente) predominan los silbatos de sistema rectangular.

La vasija MLP-Ar-5c posee el sistema circular y a partir de la observación de los rasgos estilísticos del cerámico es posible deducir su pertenencia a la cultura Lambayeque Tardío del antiguo Perú, por el característico gollete cónico, su base plana, la terminación del asa-puente donde se ubica el silbato, además del tratamiento de la arcilla, el trabajo sobre el color de los engobes, entre otros.

En el próximo gráfico (Figura 5) se puede observar en detalle el mecanismo sonoro y la estructura de los aerófonos de filo, particularmente el tipo de silbato del Perú antiguo (compuesto por un sistema circular de embocadura-bisel-ventana de aire):

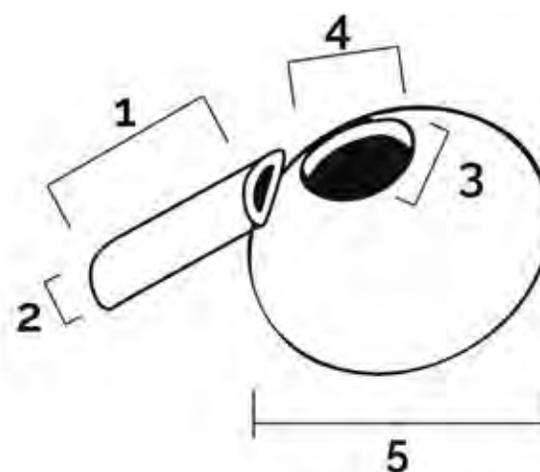


Figura 4: Detalle del silbato de la vasija MLP-Ar-5c (silbato-flauta globular pequeña).

1) La embocadura es responsable de dirigir el aire hacia el bisel a través de su canal interno (canal de aire).

2) El canal de aire, ubicado dentro de la embocadura, direcciona con precisión el caudal de aire hacia el bisel. Su grosor y dirección influye directamente en las características tímbricas del instrumento, como ser la cantidad de armónicos producidos o la relación nota-ruido, mediante la cantidad de aire

que pasa por él. La altura y anchura del caudal de aire son determinados por este canal.

3) El bisel corta el chorro de aire que recibe a través del canal. Cuando el chorro de aire choca sobre el filo del bisel «una parte sale fuera de la flauta, y la otra penetra en el tubo produciéndose pequeñas vibraciones que, por resonancia, excitan la columna aérea contenida en él».¹¹ Este bisel se ubica directamente frente a la embocadura, separado por la ventana de aire.

4) La ventana de aire es un orificio circular y permite la entrada y salida del aire a fin de hacer resonar el cuerpo del silbato. Parte de su contorno es el bisel.

5) El cuerpo resonador es el que determina la frecuencia fundamental a través de su volumen. El grosor de sus paredes tiene incidencia en el timbre del sonido producido.

En el siguiente gráfico se puede observar la rotura del sistema sonoro en el silbato de la vasija MLP-Ar-5c (Figura 5).



Figura 5: a) Gráfico de la rotura del sistema sonoro. b) Detalle del silbato de la pieza original. c) Vista de corte de la restauración matérica realizada sobre la pieza original

¹¹ Alejandra Fernández Sanz. "El proceso sonoro en la flauta de pico". *Noticias de la clase de flauta de pico del Conservatorio Superior de Sevilla* (2014). <https://flautadepico.consev.es/el-proceso-sonoro-en-la-flauta-de-pico/>.

5. Acerca del proceso de restauración temporal

El abordaje del equipo interdisciplinario con el que se emprendió la restauración temporal tiene en cuenta las convenciones internacionales referidas a la conservación del patrimonio arqueológico, con el objetivo de establecer prácticas adecuadas para el trabajo de recuperación del legado cultural albergado en los bienes arqueológicos.

Documentos como la *Carta para la Protección y Gestión del Patrimonio Arqueológico de la Unesco*,¹² la *Recomendación de la Unesco sobre los Principios Internacionales que deberán aplicarse a las Excavaciones Arqueológicas*¹³ o la *Carta de 1987 de la Conservación y Restauración de los objetos de Arte y Cultura*,¹⁴ entre otros, ponen en valor las técnicas y materiales tradicionales frente a los modernos, así como la necesidad de una colaboración efectiva entre especialistas de numerosas disciplinas para lograr una protección del patrimonio arqueológico.

¹² Comité Internacional para la Gestión del Patrimonio Arqueológico, "Carta Internacional para la gestión del Patrimonio Arqueológico". *Asamblea General del ICOMOS en Lausana* (1990). https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/arch_sp.pdf.

¹³ Unesco. "Recomendación que define los Principios Internacionales que deberían aplicarse a las Excavaciones Arqueológicas", en *Records of the General Conference, 9th session, New Delhi*, (1956). https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000114585_spa.page=44.

¹⁴ "Carta de 1987 de la Conservación y Restauración de los Objetos de Arte y Cultura", *Biblioteca Virtual FAHUSAC*, consulta 1 de febrero de 2021: <https://bvhumanidades.usac.edu.gt/items/show/1604>.



Figura 6: Identificación del fragmento faltante en el cuerpo resonador

Este cuidado sobre el patrimonio garantiza un grado de preservación de las piezas pero, a la vez, anula la posibilidad de volver a escuchar el sonido de instrumentos musicales originales cuando estos presenten roturas, rajaduras o faltantes.

A lo largo de nuestras investigaciones hemos encontrado reparaciones, restauraciones o intervenciones que buscaban restituir la morfología de la pieza, pero carecían de criterio técnico en lo que respecta a la lutería precolombina y dejaban el problema acústico sin resolver. Este es el caso de la vasija MLP-Ar-14860, estudiada durante la primera etapa de este proyecto, la cual presentaba una reintegración volumétrica con un material desconocido. Este procedimiento se focalizó sobre el aspecto escultórico de la vasija, pero no el sonoro.

La metodología propuesta en este artículo integra por un lado la necesidad de restituir su capacidad sonora a los instrumentos musicales arqueológicos, considerando simultáneamente las recomendaciones acerca de la reversibilidad¹⁵ de toda operación restauradora como la de mínima intervención y la de respeto al original.

Una vez comprobado que no existían roturas ni rajaduras en el resto de la pieza y completando manualmente la parte faltante del mecanismo sonoro, se estableció el criterio para realizar una reintegración matérica que restituya la capacidad sonora del instrumento, como se puede observar en la Figura 6.

6. Proceso de intervención

A fin de llevar a cabo este procedimiento sin deteriorar o afectar el estado de conservación del instrumento, se decidió utilizar un material aceptado dentro de la comunidad de arqueólogos y conservadores como la cera dental para no dañar la pieza ni alterar su policromía, además de presentar muy buena plasticidad para modelar en detalle el fragmento faltante en el sistema sonoro. Este material es usado frecuentemente en las etapas de registro de patrimonio museístico para fijar en una posición los objetos a ser fotografiados.

Antes de realizar la intervención se llevó a cabo una documentación fotográfica, audiovisual y de reconstrucción tridimensional por fotogrametría. Toda la intervención se documentó mediante fotografías, video y registro sonoro de alta calidad.

¹⁵ *Carta del Restauro* (Ministero della Pubblica Istruzione, 1972).



Figura 7: Tres visualizaciones diferentes del modelo 3D obtenido a través de fotogrametría (Diego Gobbo)

Una vez realizada la documentación previa al reintegro volumétrico, se realizó una limpieza mecánica suave con un pincel fino con el fin de reducir la suciedad superficial, y lograr una mayor adhesión del material.

7. Proceso de reintegración matérico acústica

Se modeló una capa que cumplió doble función: cerrar el cuerpo resonador y a la vez actuar como bisel. A partir de la identificación de los restos del resonador que quedaban sanos fue posible reconstruir una forma que cumple con la lógica de los silbatos de las vasijas silbadoras del antiguo Perú.

La curvatura que es posible observar en la parte del bisel que se encuentra intacta nos proporcionó información sobre cómo construir de manera adecuada la circunferencia de la parte faltante.

Para lograr una óptima adhesión de la cera a los restos del silbato y lograr una superficie continua, sin rajaduras ni escapes de aire, se adhirió de manera solapada la cera sobre los bordes intactos del silbato. Se optó por utilizar una técnica de solapado sobre el silbato, es decir, por fuera de su cuerpo resonante, ya que este agregado de material no afecta el resultado acústico de ninguna manera dado que no altera el volumen del cuerpo resonador (y por ende no modifica la frecuencia resonante del mismo).

Con respecto al bisel, se estudió el espesor de su borde y su ángulo de corte. A partir de este estudio se procedió a integrar la cera modelándola con las mismas características del original: grosor del bisel, ángulo de corte y, como mencionamos anteriormente, continuando el tipo de curvatura de la circunferencia deducida a partir de los restos intactos.

Se utilizaron estecas para la confección del ángulo del bisel y su espesor, la delimitación del contorno de la ventana de aire y el pulido-limpieza de asperezas y rugosidad del material a fin de que adquiriera una forma y terminación similar a la cerámica original.

Luego de calibrar el sistema sonoro se obtuvo un resultado óptimo, logrando una sensibilidad sonora reconocible en las vasijas silbadoras originales relevadas por el equipo a lo largo de sus años de investigación en los diferentes museos arqueológicos: gran sensibilidad y respuesta desde la mínima a la máxima presión de aire, generando un contorno melódico característico (Figura 12), y sin perder en ningún momento el sonido.



Recuperación de la Memoria Sonora Precolombina - IDECREA - OIANT - Museo de la Plata. Clic en la imagen para ver el video.

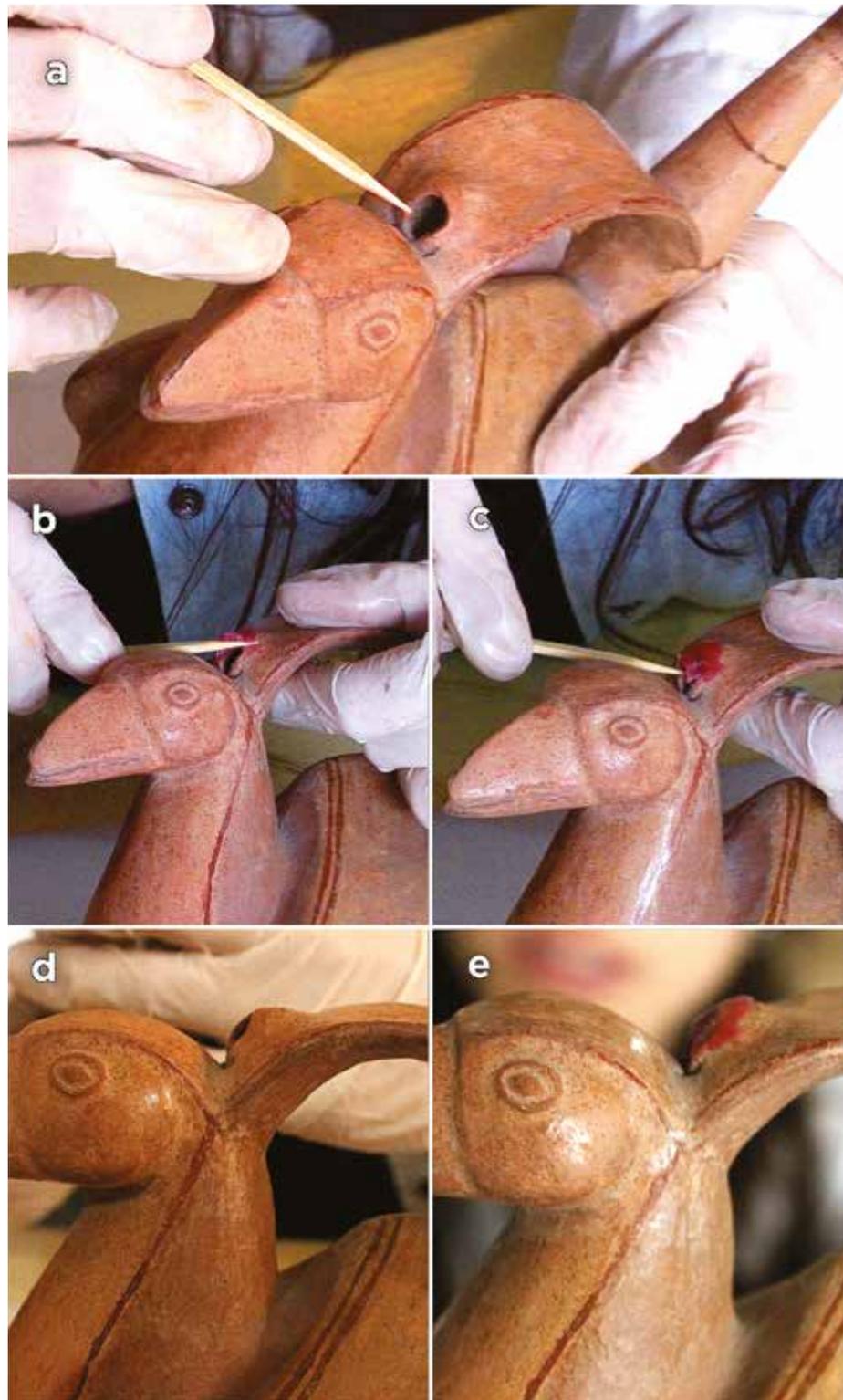


Figura 8:
a, b y c) Proceso de aplicación de la cera a la vasija
d) Estado inicial de la vasija previo a la reintegración
e) Estado final de la vasija posterior a la reintegración.

8. Mediciones acústicas

A partir de la reintegración matérico-acústica del sistema de generación de sonido de la vasija silbadora fue posible recuperar su capacidad sonora, interpretarla y emplear diversas técnicas de soplo que permitieron encontrar espectros y comportamientos acústicos diversos.

Con el objetivo de registrar y medir acústicamente el instrumento, se utilizaron dos técnicas de interpretación principales: a) soplo por el tubo de insuflación y b) soplo por el tubo de insuflación a modo de tubo cerrado (siku).

Los registros sonoros fueron realizados en los depósitos del Museo utili-

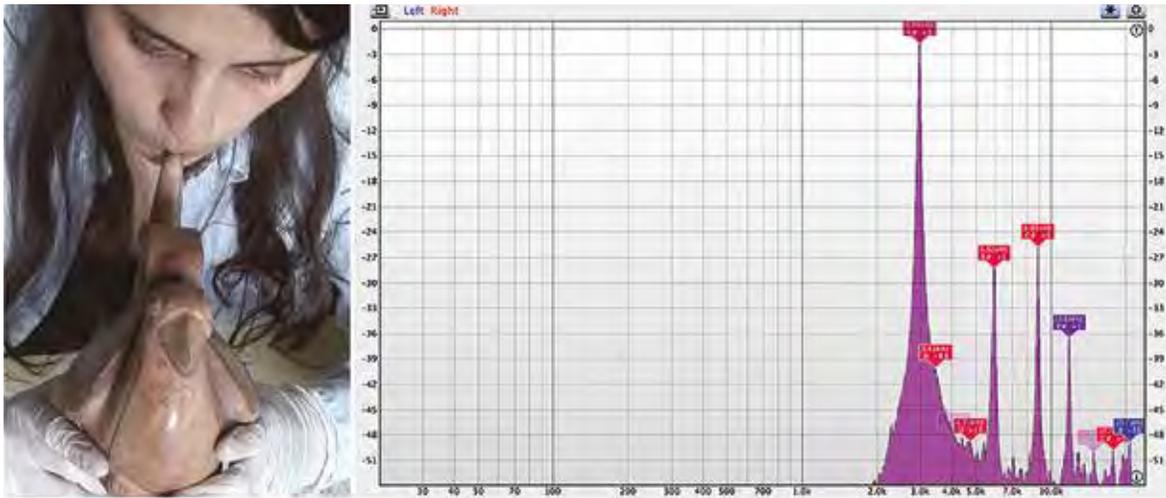


Figura 9: Análisis espectral de la vasija interpretada soplando por el tubo de insuflación

zando un micrófono de medición Audix modelo TR40A, un preamplificador ART DPSII conectado digitalmente a una interfaz de sonido Presonus Firebox y un ordenador Macbook Pro.

A partir de una primera exploración, se decidió que las mediciones acústicas del sonido producido por la vasija silbadora MLP-Ar-5c se centren en dos aspectos: por un lado, la determinación del espectro sonoro y la frecuencia fundamental del silbato y, por otro, el análisis de su diseño melódico. En este sentido, la interpretación es considerada un factor clave ya que la destreza técnica con la que se interprete el instrumento puede revelar comportamientos acústicos diversos.

Fue posible medir el nivel de intensidad en decibeles (dB), frecuencias fundamentales, así como cantidad y amplitud de sus armónicos o sonidos parciales para determinar altura y caracterizar su timbre, a partir de análisis de FFT (Transformada rápida de Fourier) y la utilización de diferentes gráficos de visualización como los sonogramas, gráficos espectrales y melódicos.¹⁶

a) Soplo por el tubo de insuflación

A partir del análisis de espectro FFT fue posible determinar la frecuencia fundamental del silbato y su parciales en el momento de máxima presión, como puede verse en la tabla de la Figura 10.

Se empleó además el *software* SPEAR,¹⁷ el cual, mediante una variación de la técnica McAulay-Quatieri

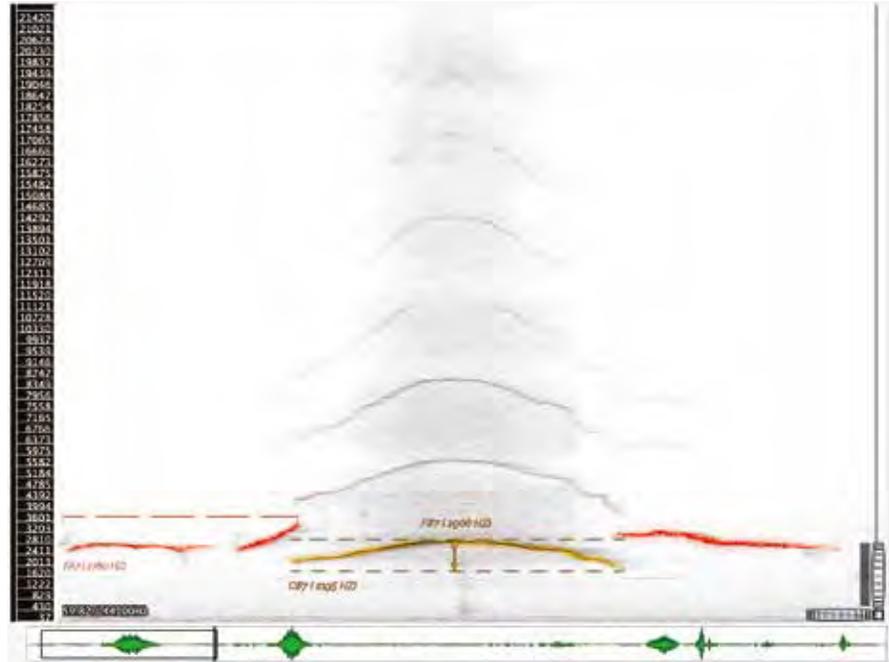
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Parcial	2.960 Hz	5.920 Hz	8.890 Hz	11.850	14.810 Hz	17.700 Hz	20.710hz
Fn/ F1	1,000	2,000	3,003	4,003	5,003	5,980	6,997
Nota (+cents)	Fa#6 +1c	Fa#7 +1c	C#8 +3c	F#8 + 1c	A#8 -12c	C#9 + 1c	E9 -31c

Figura 10: Frecuencia fundamental y parciales de la vasija MLP-Ar-5c

16 Arnaud Gérard Ardenois. "El sonograma: una representación práctica de los sonidos", en *Revista Boliviana de Física*, 18(18), (2011): 37-49.

17 Michael Klingbeil. "Software for spectral analysis, editing, and synthesis", en *International Computer Music Conference*, (2005).

Figura 11:
Análisis espectral
realizado a través del
software SPEAR



de interpolación de picos espectrales, descompone en sinusoides los sonidos complejos, permitiendo un análisis detallado y una manipulación del espectro para aislar los diferentes componentes del mismo y poder escuchar selectivamente partes del espectro. En la Figura 11 se puede observar el arco simétrico que se logra al soplar la vasija por el tubo de insuflación aumentando gradualmente la presión de aire, llegando en el centro a la frecuencia más alta del silbato.

Asimismo, este *software* permitió visualizar y analizar detalladamente el diseño melódico del silbato, haciendo énfasis en las diferencias de alturas generadas únicamente con la variación de aire insuflado en la vasija. En la Figura 12 puede observarse, en color rojo, las alturas producidas a mínima presión de aire, ya sea mediante sopleo o el movimiento del agua introducida en

el cuenco. El sonido comienza sonando a un intervalo de cuarta por encima de la frecuencia fundamental del silbato; dependiendo de la presión de aire, dicho sonido va desde un Fa7 (2780 Hz) hasta un Sol7 (3170 Hz).

A medida que la presión de aire aumenta, es posible hacer sonar la frecuencia fundamental y sus parciales (marcada en color amarillo) glisando en un rango que va desde C#7 (2195) hasta Fa#7 (2906Hz) según la presión de aire.

b) Soplando tubo de insuflación a modo de tubo cerrado (siku)
Este tipo de soplo direccionado hacia abajo hace vibrar el cuerpo interno de la vasija a modo de un tubo cerrado en un extremo, lo que produce un sonido grave (con componentes en 51 y 105 Hz principalmente) debido a la resonancia del tubo y el cuenco (Fi-

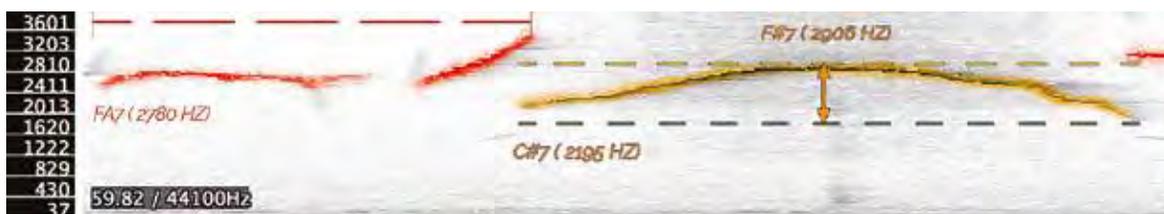


Figura 12: Detalle del diseño melódico

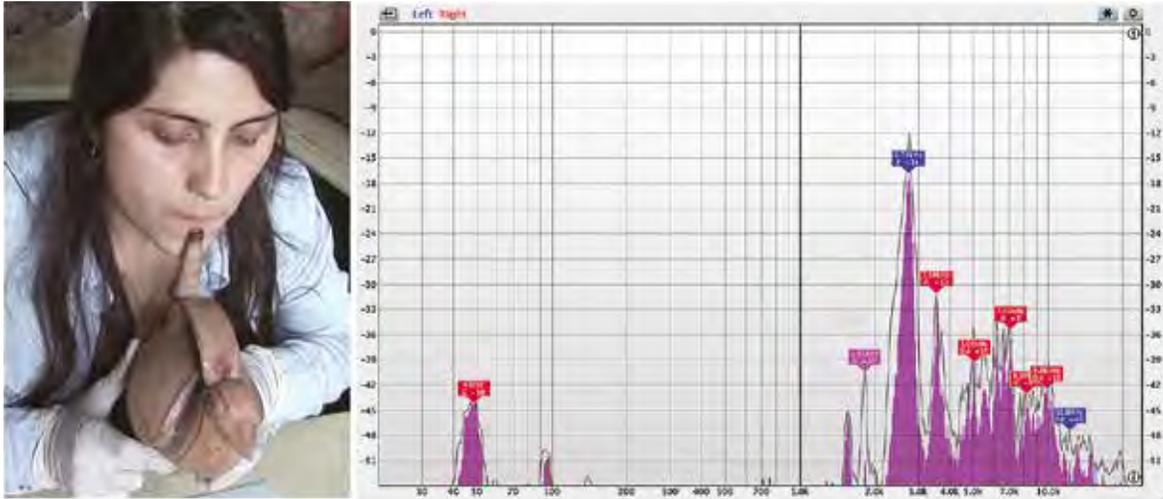


Figura 13: Análisis espectral de la vasija soplando como siku por el tubo de insuflación

gura 13). Simultáneamente se genera una modulación de amplitud en el sonido del silbato que se asemeja musicalmente a la técnica de *frullato*, que no se logra mediante los labios del intérprete sino acústicamente.

Esta modulación puede observarse en la Figura 14, en la cual la forma de onda de la izquierda corresponde al sonido obtenido mediante el sopleo por el tubo de insuflación y la de la derecha, al sonido obtenido mediante la técnica de sopleo como tubo cerrado. La interrupción periódica de la forma de onda se visualiza como picos a lo largo de todo el gesto musical.

9. Reconstrucción 3D

Tanto en las piezas investigadas durante la primera etapa del proyecto, como la vasija tratada en el presente artículo, fueron documentadas mediante la creación de modelos 3D, con el objetivo de integrar el catálogo multimedia que se encuentra en proceso de elaboración. El mismo, desarrollado junto a los investigadores María Guillermina Couso y Diego Gobbo, integra el soporte tridimensional digital a la información textual, sonora y de video.

En el caso de la pieza MLP-Ar-5c, el modelo 3D se obtuvo mediante la toma de cientos de fotogramas de los objetos con diferentes formas de cap-



Figura 14: Comparación de las formas de onda de ambas técnicas de interpretación

tarlo, haciéndolo girar sobre una base móvil para su toma, orbitando la cámara alrededor del objeto, variando el ángulo de toma en 4 posiciones diferentes para generar un registro detallado de la pieza (Figura 15). Para el tratamiento de la imagen de cada pieza se experimentó con diferentes *softwares* fotogramétricos. La metodología que proporcionó el mejor resultado fue la utilizada por Costa Moraes (2018), que usa de base una plantilla impresa con referencias cada 10 grados, lo cual asiste al fotógrafo en la rotación del objeto. El resultado fue objetos en 3D, mallados y con textura, que luego fueron retocados y modificados en diversos *softwares* de modelado para adecuarlos al formato que utiliza la impresora 3D.



Figura 15: Recorrido fotográfico realizado para el proceso de fotogrametría

Conclusiones

En la búsqueda de recuperar el patrimonio sonoro arqueológico, todas las instancias del proyecto han estado atravesadas por la necesidad de integrar la sonoridad de los instrumentos precolombinos a la trama de la creación contemporánea, haciéndolos asequibles a los artistas y la comunidad. Por esta razón, a partir de los resulta-

dos obtenidos en sus primeras etapas, se ha logrado un aporte valioso para futuras indagaciones sobre los instrumentos musicales arqueológicos desde un enfoque integral, tanto como para la conformación de un corpus didáctico académico y su inserción en la música actual. Se ha diseñado una metodología que permite recuperar temporalmente el sonido de piezas originales. A través de la reintegración matérica de las roturas del silbato se logró restituir la función acústica y musical del instrumento. Sin intervenir de manera definitiva la pieza arqueológica y considerando simultáneamente las recomendaciones acerca de la reversibilidad de toda operación restauradora (como el de mínima intervención y el de respeto al original), se realizó una reconstrucción con precisión y delicadeza del sistema de generación de sonido original.

En este sentido, se ha evidenciado la importancia del abordaje interdisciplinario, el cual ha permitido restaurar un aspecto vital de los instrumentos arqueológicos: su sistema acústico. En consecuencia, esta nueva metodología establece un precedente confiable para las próximas investigaciones relacionadas con la conservación y restauración.

En el campo de la creación musical contemporánea, la recuperación de las sonoridades de los instrumentos musicales precolombinos ha fomentado la integración de las antiguas y las nuevas tecnologías. La riqueza tímbrica obtenida de los instrumentos investigados ha sido incorporada al espectro de elementos para la creación electroacústica de composiciones musicales de miembros del proyecto y de la Orquesta, mediante la edición, transformación, espacialización y procesamiento sonoro.

Los alcances de la presente investigación se proyectan de manera artística y académica. Una de las instancias fundamentales de transmisión del conocimiento, legado por los intelectuales precolombinos a través de sus creaciones, ha sido en el marco de la Maestría en Creación Musical, Nuevas Tecnologías y Artes Tradicionales así como en la Licenciatura en Música Autóctona, Clásica y Popular de América. Parte de los recursos materiales y digitales generados por este proyecto se articula con el trabajo de lutería de instrumentos precolombinos llevado a cabo en dichas carreras.

La transmisión de conocimiento se ha viabilizado, además, a través de las presentaciones en concierto de la Orquesta de Instrumentos Autóctonos y Nuevas Tecnologías. La misma realizó presentaciones didácticas dentro de los museos y sitios arqueológicos que albergan al patrimonio arqueológico precolombino, integrando los instrumentos reconstruidos por el proyecto, con el objetivo de ‘volver a darles vida’. En palabras de la prensa especializada,

Estos antiguos instrumentos permanecían dormidos, esperando el aliento, la mano y el alma que los animara y los hiciera resonar. Ahora viven, vibran y resuenan [...] los miembros de esta Orquesta extraordinaria están en una concentración total; en su propio poder.

Por último, se espera que el catálogo audiovisual 3D, que se encuentra en proceso de elaboración, brinde acceso a toda la comunidad a estas creaciones trascendentales que son los instrumentos musicales precolombinos.

Agradecimientos

A los directores del Idecreea y la Orquesta, Alejandro Iglesias Rossi y Susana Ferreres; a los arqueólogos que forman parte de este proyecto María Guillermina Couso, Diego Gobbo; al equipo de investigadores del Idecreea Juan Pablo Nicoletti, Julieta Szewach, Anabella Enrique, Nahuel Giunta; a María Florencia Cacace por la lectura crítica del presente artículo, Mariana Vallejo Azar por colaborar desde el inicio del proyecto; a Ignacio Alva y Guillermo Chávez.

Bibliografía

- Amaro, Iván. “Reconstruyendo la identidad de un pueblo”. En K. Makowski, K. (comp.), Vicús. Lima: Banco de Crédito del Perú, 1994.
- Bolaños, César. “Las flautas de Pan mochica y las botellas silbadoras norandinas”, *Revista del Museo Nacional* 49, (1997): 183-211.
- Carta del Restauro*. (Ministero della Pubblica Istruzione, 1972).
- Carta de 1987 de la Conservación y Restauración de los Objetos de Arte y Cultura*, CFR, Centro de Fotorreproducción, (1987) <https://bvhumanidades.usac.edu.gt/items/show/1604>.
- Comité Internacional para la Gestión del Patrimonio Arqueológico. “Carta Internacional para la gestión del Patrimonio Arqueológico”. *Asamblea General del ICOMOS en Lausana (1990)*. www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/arch_sp.pdf
- Fernández Sanz, Alejandra. “El proceso sonoro en la flauta de pico”. *Noticias de la clase de flauta de pico del Conservatorio Superior de Sevilla* (2014). <https://flautadepico.consev.es/el-proceso-sonoro-en-la-flauta-de-pico/>

- Garrett, Steven y Statnekov, Daniel. *Peruvian whistling bottles* (1977). www.peruvianwhistles.com/jasa.html
- Gérard Ardenois, Arnaud. “El sonograma: una representación práctica de los sonidos”. *Revista Boliviana de Física*, 18, (2011) 37-49.
- Iglesias Rossi, Alejandro y Susana Ferreres. “Arte y Sacralidad en los Instrumentos Nativos de América”, en *Planteo de un Arte Americano de Rodolfo Kusch*, 205-207. Rosario, Argentina: Ed. Fundación Ross, 2012.
- Iglesias Rossi, Alejandro, Susana Ferreres, Lucas Mattioni, María Emilia Sosa Cacace, Guillermina Couso y Diego Gobbo. “Recuperación de los sonidos de América Precolombina: nuevas y antiguas tecnologías aplicadas a la reconstrucción de instrumentos sonoros en las colecciones arqueológicas del Museo de La Plata”, *Revista del Museo de la Plata*, Vol. 5, N.º 1 (2020): 383-406.
- Iglesias Rossi, Alejandro. “Descolonizando la Música: la creación de la primera Licenciatura en Música Autóctona, Clásica y Popular de América”. *Tsantsa Revista de Investigaciones Artísticas* N.º 10 (2020): 29-45.
- Klingbeil, Michael. “Software for spectral analysis, editing, and synthesis”, *International Computer Music Conference*, 2005.
- Pérez de Arce, José. “Análisis de las cualidades sonoras de las botellas silbadoras prehispánicas de los Andes”. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino* (9), (2004) 9-33.
- Pérez de Arce, José y Francisca Gili. “Clasificación Sachs-Hornbostel de instrumentos musicales: una revisión y aplicación desde la perspectiva americana”. *Revista Musical Chilena*, 67, 219, (2013) 42-80.
- Sosa Cacace, María Emilia. “La composición musical y lo ancestral: aproximación a la creación e investigación interdisciplinar en la Universidad Nacional de Tres de Febrero”, en *Simposio de Composición e investigación musical latinoamericana - Actas*. 73-96. Guayaquil: UArtes Ediciones, 2020.
- Unesco. “Recomendación que define los Principios Internacionales que deberían aplicarse a las Excavaciones Arqueológicas”. *Records of the General Conference, 9th session, New Delhi*, 1956. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000114585_spa.page=44
- UNTREF. “Centro de Etnomusicología y Creación en Artes Tradicionales y de Vanguardia”. 2004. <https://untref.edu.ar/instituto/cedecrea-centro-de-etnomusicologia-y-creacion-en-artes-tradicionales-y-de-vanguardia-dra-isa-bel-aretz>.