

Pre•Impresos **13**

Estudiantes

Facultad de Ciencia y Tecnología Departamento de Tecnología - 2018-I • ISSN-E: 2323-0193 - ISSN 2539-0945



Recreación de la cadena operatoria de la técnica
muisca de cera perdida con matriz lítica



**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA
NACIONAL**

Educadora de educadores

**Diana Marcela Sánchez Yáñez
Gabriela Varón Lozano
Licenciatura en Diseño Tecnológico**



Pre·Impresos **13** Estudiantes

Adolfo León Atehortúa Cruz
Rector

Mauricio Bautista Ballén
Vicerrector Académico

Sandra Patricia Rodríguez Ávila
Vicerrectora de Gestión Universitaria

Fernando Méndez Díaz
Vicerrector Administrativo y Financiero

Helberth Augusto Choachí González
Secretario General

Facultad de Ciencia y Tecnología Departamento de Tecnología

Luis Carlos Sarmiento Vela
Director Departamento

Fabio González Rodríguez
Coordinador Licenciatura en Diseño Tecnológico

Carlos Augusto Rodríguez Martínez
Supervisión de contenido

Juan Carlos Bustos Gómez
Director de la revista

Samuel Eduardo Sediles Martínez
Coordinador de la revista

© Universidad Pedagógica Nacional
© Gabriela Varón Lozano
Diana Marcela Sánchez Yáñez

ISSN-E: 2323-0193
ISSN: 2539-0945

Diseño y Preparación editorial
Universidad Pedagógica Nacional
Grupo Interno de Trabajo Editorial 2017

Alba Lucía Bernal Cerquera
Coordinadora Grupo Interno de Trabajo Editorial

Viviana Vásquez
Editora de Revistas

Impreso por Imagen Editorial
Bogotá, Colombia

Recreación de la cadena operatoria de la técnica muisca de cera perdida con matriz lítica

Prólogo	3
Resumen	4
El reconocimiento de la técnica en la cultura muisca	5
Recreación de la técnica de cera perdida con matriz lítica	6
Obtención y preparación de materias primas	8
Unión de materias primas	10
Experimentos de fundición	11
Conclusiones	15
Índice de figuras	16
Referencias	16
Eventos de la Facultad	17

Presentación

La serie *Pre·Impresos Estudiantes* es una iniciativa editorial del Proyecto Comunicación y Publicaciones de la Facultad de Ciencia y Tecnología (FCT), cuya idea central es trabajar por la cualificación de la escritura, para dar visibilidad a la producción intelectual de los maestros en formación y en ejercicio. Con esta publicación se busca tender puentes entre los saberes especializados y la cultura en general, además de contribuir al fortalecimiento de la docencia y la investigación en educación.

Asimismo, constituye una estrategia de comunicación que posibilita la circulación adecuada de información y promueve la reflexión sobre temas y actividades inherentes a las ciencias, la matemática, la tecnología y su enseñanza. Con ella también se espera favorecer la integración de los equipos de trabajo y la construcción de relaciones de cooperación entre los diferentes miembros de la comunidad académica de la Facultad.

Estos aspectos, relacionados con los fines misionales de la Universidad Pedagógica Nacional, resultan pertinentes y significativos en la formación de nuevas generaciones de maestros e investigadores en pedagogía, que en su futura práctica profesional afrontarán diversos retos y circunstancias que el entorno social del país le plantea a la educación.

Información

pre_impresos@pedagogica.edu.co
jcbustos@pedagogica.edu.co
Facultad de Ciencia y Tecnología

Teléfonos: (57) (1) 3471190 / 5941894 Ext. 242

Prólogo

Las investigaciones en torno a la estética y técnica en la prehistoria resultan esenciales para determinar cuál era el mundo social, intelectual y espiritual de los grupos humanos que poblaron los distintos espacios, y que, desde allí, construyeron los territorios. La complejidad que implica lo humano se manifestó tanto en los objetos como en su elaboración. Cada uno de esos rasgos, para ser entendidos, deben ser pensados en el interior de un sistema, que, en sus conexiones, evidencia la organización social, hundiendo sus raíces en las ideas y en el mundo intelectual que, en últimas, descansa en el lenguaje.

Las estrategias que cada grupo humano ha inventado para resolver sus necesidades y contradicciones son muestra de la diversidad del pensamiento. Todos los niveles de esas estrategias han estado ligados a determinado entorno medioambiental, el cual tuvo que ser dominado, pero que a su vez implicó un acervo amplio de conocimientos y de procesos técnicos. No existe ningún grupo humano que no se haya enfrentado a los dilemas de dominar el entorno y de satisfacer de forma eficiente las necesidades. Solo desde ese horizonte material se elaboraron los pensamientos que se acompañaron de correlatos artísticos, estéticos y simbólicos.

El estudio de los artefactos arqueológicos presupone enfrentarse a la complejidad técnica y de pensamiento de los grupos humanos que se han perdido en el silencio del tiempo transcurrido. Cientos o miles de años separan el presente de un pasado indispensable, que se aparece en cada excavación o artefacto recuperado. Las evidencias se acumulan y el trabajo de la arqueología se hace cada vez más inconmensurable y difícil, pues la velocidad de destrucción de los vestigios es directamente proporcional al crecimiento de las urbes y la pérdida de los espacios naturales. Las investigaciones no logran detener la destrucción de las piezas, y además resultan insuficientes para explicar los conjuntos

artefactuales, o para reconstruir los hilos delicados de cada pensamiento que acompañó la hechura, el sentido y la función de estos.

Ese mundo abierto, y que crece a velocidades sorprendentes, es el reto de todo trabajo arqueológico. Y se hace aún más amplio cuando se incorpora el necesario mundo del arte, ya que en ese caso las descripciones, por exhaustivas que sean, no logran por sí mismas adentrarse en el sentido original que las obras tenían para quienes las hicieron y usaron. Las gramáticas del arte escapan o rehúyen a cada paso, y se convierten en un horizonte que se hace lejano y distante a medida que se avanza. Es un camino que no parece tener final, y que, sin embargo, es *necesario* recorrer, pues si la técnica ha acompañado la evolución de lo humano, el arte lo ha configurado y estructurado. Las relaciones entre técnica y arte son evidentes.

El presente trabajo se adentró en el mundo técnico de la metalurgia muisca. No desde la simple descripción de las piezas depositadas en museos, sino desde el horizonte de la arqueología experimental. El fin fue entender la *cadena operatoria* de la producción de piezas metalúrgicas, en particular aquellas que partieron de una matriz lítica. Los resultados que a continuación se exponen, no son una constatación bibliográfica; son, en cambio, resultados nuevos que permiten hoy entender con mayor precisión la inteligencia técnica de los grupos humanos que elaboraron las piezas metalúrgicas. Así, la monografía "Reconstrucción de la cadena operatoria con matriz lítica de la cultura muisca", elaborada por Carlos A. Ávila, Diana Sánchez y Gabriela Varón, es un aporte importante, para dar cuenta de la técnica y pensamiento del pasado prehistórico del territorio de la actual Colombia.

Carlos Augusto Rodríguez Martínez

Docente Departamento de Tecnología,
Universidad Pedagógica Nacional.

Recreación de la cadena operatoria de la técnica muisca de cera perdida con matriz lítica

Diana Marcela Sánchez Yáñez

diana.sanchez.upn@gmail.com

Gabriela Varón Lozano

gavalaxz@gmail.com

Licenciatura en Diseño Tecnológico

Resumen

En el presente documento se realiza una descripción de la recreación del proceso de la técnica de metalurgia de cera perdida con matriz lítica, empleada por los muisca. Debido a la escasa información encontrada al respecto, esta investigación se realizó con una metodología experimental, lo que facilitó un hallazgo valioso para futuras investigaciones, además, evidenció una gran destreza y un alto nivel de desarrollo en cada proceso inherente a las técnicas de metalurgia en esta cultura. Se destaca el desarrollo de tecnologías alcanzado por este grupo indígena y se procura una aproximación a su pensamiento, razonamiento y al desarrollo de sus técnicas, como aporte para transformar la concepción de tecnología y las diferentes formas de percepción en torno al tema, luego que, en reiteradas ocasiones, observamos la confusión entre productos tecnológicos y tecnología.

Palabras clave: muisca, metalurgia, cera perdida, tecnologías prehispánicas.

Abstract

In this document a description of the recreation of the process of lost wax metallurgy technique with lithic matrix, used by the Muisca is made. Due to the little information found about this topic, this research was conducted using an experimental methodology, which allowed us to make a valuable discovery for future research, as well as to perceive the great dexterity and a high level of development in each process inherent to the techniques of metallurgy in this culture. The development of technologies reached by this indigenous group is highlighted and an approach is sought to their thinking, reasoning and the development of their techniques, as a contribution to transform the conception of technology and the different forms of perception around the subject, since, on repeated occasions we see the confusion between technological products and technology.

Keywords: Muisca, Metallurgy, Lost Wax, Prehispanic Technologies.

El reconocimiento de la técnica en la cultura muisca

En el año 500 d.C., en el altiplano cundiboyacense colombiano tuvo lugar el asentamiento del grupo social muisca –del chibcha *Muyska*, que significa “moscas” –, denominados de esta manera por los españoles, debido a que eran muchos (Quiroga, 2008). Este grupo se destacó por ser un gran productor de textiles, cerámicas y piezas metalúrgicas, lo que los llevó al desarrollo de diferentes técnicas alrededor de estas prácticas, y a entender y modificar su entorno en pro de solucionar sus necesidades cotidianas.

A pesar de su importancia como patrimonio intelectual y cultural de la nación, estos saberes –en especial el desarrollo tecnológico que alcanzaron durante el periodo precolombino–, han sido poco estudiados y documentados por instancias académicas, lo que va en detrimento del reconocimiento que merecen estos pueblos.

Con el ánimo de iniciar un camino en el rescate de este patrimonio intangible, en la Licenciatura en Diseño Tecnológico de la Universidad Pedagógica Nacional se han venido desarrollando una serie de investigaciones en trabajos de grado sobre la técnica y la tecnología en el periodo prehispánico, orientadas en su mayoría por el profesor Carlos Augusto Rodríguez Martínez. En este texto trataremos el tema de nuestra investigación, realizada con Carlos A. Ávila, que se centró en las tecnologías ancestrales de metalurgia muisca, específicamente, en recrear la cadena operatoria de la técnica de cera perdida con matriz lítica, empleada por esta comunidad para fabricar productos metalúrgicos, además de reinterpretar las etapas de manufactura, como el martillado, templado, laminado, fundición por cera perdida con matriz lítica y por cera perdida con núcleo, y la construcción de piezas por medio de la experimentación con herramientas y materiales actuales.

Con el desarrollo de esta investigación nos encontramos con el pensamiento tecnológico

del pueblo muisca, y fue posible proyectar cómo estos saberes pueden ser llevados al aula. También, valoramos el desarrollo tecnológico de esta etnia como una posibilidad para reivindicar su técnica y cultura, y así abrir espacios para la apropiación de nuestras raíces, fortaleciendo nuestra identidad nacional y abriendo el camino a nuevas cosmovisiones para y con nuestra nación.

Con este trabajo abordamos el concepto de tecnología como un discurso que acompaña la técnica, y la reconoce como la habilidad para saber hacer (Ministerio de Educación Nacional, 2008) y señalar que el proceso tecnológico contiene un pensamiento crítico y reflexivo, además de un conjunto de procesos y conocimientos que llevan a desarrollar y perfeccionar técnicas orientadas a satisfacer una necesidad.

En ese sentido, reconocemos la técnica de metalurgia de cera perdida con matriz lítica como pionera en tecnología en Colombia, pues en su conjunto de saberes están sentadas las bases desde las que ciertos artefactos y procesos arcaicos se consolidan como procedimientos modernos. Es decir, si reconocemos conceptos básicos de tecnologías antiguas podemos avanzar hacia nuevas tecnologías, gracias a los procesos cognitivos, la crítica y la reflexión que ello implica. Así, al momento de recrear la técnica nos encontramos constantemente con interrogantes en el desarrollo, tanto en la actualidad de la técnica, como en el pasado de la misma, lo que nos permitió reforzar nuestros pensamientos críticos y nuestros procesos reflexivos, dos componentes indispensables en el desarrollo de tecnología.

En la investigación documental consultamos fuentes teóricas de autores reconocidos en el campo arqueológico-antropológico, como Stanley Long (2016) y José Pérez de Barradas (1958), por sus aportes teóricos sobre las técnicas aplicadas a la solución de situaciones del diario vivir. No obstante, no encontramos documentos que dieran cuenta de un trabajo práctico que respaldara las etapas propuestas por

los teóricos, lo que nos llevó a proponer nuestra propia cadena operatoria tomando como base la teoría, que a su vez fue reformulada en los distintos momentos de experimentación.

Recreación de la técnica de cera perdida con matriz lítica

Para el desarrollo de la técnica de fundición por cera perdida, los muiscas emplearon dos tipos de procesos muy similares entre sí (Plazas y Falchetti, 2016; Long, 1989; Pérez de Barradas, 1958). En primer lugar, tenemos la técnica de matriz lítica, que consiste en desarrollar una pieza mediante la impresión de una lámina de cera sobre la figura tallada en alto relieve en una roca lítica –roca lisa, de grano fino y de gran dureza–, con lo que se consigue el negativo en cera, que posteriormente se recubre con arcilla para lograr el molde que contendrá el metal fundido con el que se finaliza la pieza. En segundo lugar, tenemos la técnica de núcleo en arcilla, en la cual se modela un centro o núcleo de arcilla con la figura deseada; este se recubre con otro molde de arcilla puesto en su exterior con soportes para evitar el movimiento del núcleo durante el proceso de la fundición, con lo que se obtiene una pieza hueca o con suficiente espacio en su interior (figura 1).

Dado que el alcance de nuestra investigación no daba para abordar las dos técnicas, decidimos recrear la técnica de cera perdida por matriz lítica, aprovechando que el profesor

Rodríguez nos permitió estudiar una matriz lítica precolombina original de su propiedad. Así, desarrollamos un proceso experimental propio a partir del que presenta Long (1989), que da cuenta de los pasos para elaborar piezas metalúrgicas como las que pueden encontrarse en la colección del Museo del Oro y del Museo Nacional de Colombia, aunque no evidencia etapas prácticas por medios experimentales.

Para ello, estudiamos en detalle cada etapa de esa técnica y las actividades que realizaban los muiscas para comprenderla a fondo (Ávila, Sánchez y Varón, 2017). Como resultado, pudimos formular una *hoja de ruta* de los procesos técnicos para la elaboración de figuras con esta técnica como se ve en la figura 2.

Para la experimentación dividimos el proceso en dos etapas: la primera, construcción, obtención y preparación de materias primas; la segunda, unión de materias.

A continuación relataremos los procesos para extraer y manipular los materiales necesarios para la reconstrucción de la cadena operatoria. Si bien seguimos los pasos teóricos de la técnica, no la recreamos con exactitud, dada la dificultad para obtener estos materiales en la actualidad, así como la falta de información exacta, tanto de algunos tipos de materiales usados, como del uso de una serie de herramientas rústicas manejadas por los muiscas. Por tanto, usamos maquinaria actual para optimizar nuestros procesos y disminuir los tiempos de fabricación.

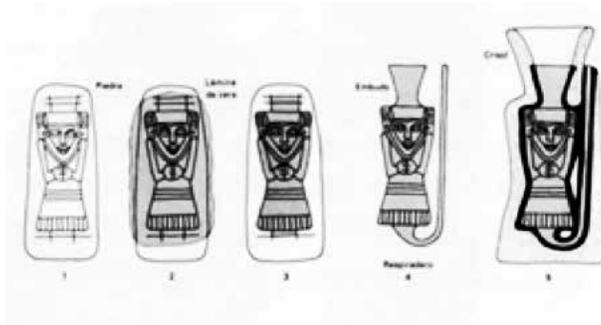


Figura 1. Cadena operatoria

Fuente: Long (1989).



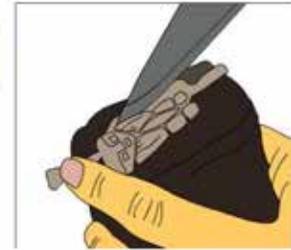
1. Amasamos la cera con las manos con el fin de calentarla y lograr aumentar su plasticidad; así se hace más fácil su manejo ya que en frío es un material un poco duro



2. Con las yemas de los dedos aplanamos la cera hasta formar una lámina delgada, alrededor de tres milímetros.



3. Luego ponemos esta lámina sobre la matriz de piedra y presionamos la lámina de cera con los dedos pulgares.



4. Recortamos los sobrantes de cera sin retirar la lámina de la matriz.



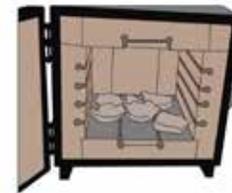
5. En la parte superior de la pieza tallada colocamos el embudo (cono de cera por donde ingresa el material fundido) y el respiradero (cilindro de cera por donde sale los gases del material fundido).



6. Sumergimos la lámina de cera en una cama de carbón vegetal pulverizada hasta que quede completamente impregnada.



7. En un molde de yeso vertemos arcilla líquida (babotina), esperamos que esta se condense en la superficie de tal forma que soporte la lámina de cera, luego la colocamos y encima vertemos más barbolina, formando así un ovoide (nombre dado al molde construido como pasta cerámica para fundir metal).



8. Cocinamos el ovoide en horno eléctrico para cerámica.



9. En un crisol ponemos el metal y lo calentamos hasta llegar al punto de fusión.



10. Cuando el metal llega a su estado líquido lo vertemos en el molde.



11. Con un martillo rompemos el ovoide y retiramos la pieza en metal y a su vez los excesos del material fundido.



12. Pulimos la pieza con la ayuda de una lima para eliminar las imperfecciones.

Figura 2. Hoja de ruta

Fuente: archivo personal de los autores.

Obtención y preparación de materias primas

Matriz lítica

La matriz lítica fue tallada por los muiscas en roca *lidita*, que es muy dura, lisa, en su mayoría de color negro, de gran peso y contiene gran cantidad de hierro. Estas rocas eran extraídas por los muiscas de los ríos o las lagunas, que abundaban en su entorno (Rodríguez, 2010).



Figura 3. Medición y talla inicial

Fuente: archivo personal de los autores.

En principio, desbastamos la roca con una pulidora para preparar las superficies a tallar, pues a partir de las marcas lineales en la roca se puede inferir la fricción de partículas pequeñas contra ella (Rodríguez, 2010), lo que nos llevó a deducir que los muiscas hacían el desbaste friccionando arena de río en repetidas ocasiones sobre la superficie de la roca.

Las imágenes que decidimos tallar fueron tomadas de impresiones de matrices líticas originales, lo que nos permitió realizar tres bocetos

con medidas reales, que después fueron usadas como guía para tallarlas sobre la roca (figura 3). Para lograr los detalles utilizamos un Mototool con puntas muy finas, lo que nos dio los acabados necesarios en la figura y mayor similitud al tallado original (figura 4).



Figura 4. Tallado final

Fuente: archivo personal de los autores.

Carbón

En la preparación del carbón usamos un tronco seco de guayabo; una parte, para producir aserrín con la ayuda de un taladro y una broca de espada, la otra, para convertirlo en carbón por medio de la quema. Para elaborar el carbón, iniciamos el fuego y pusimos a quemar la madera. Una vez los troncos estuvieron al rojo vivo, le agregamos una capa gruesa de aserrín con el fin de ahogar la llama y así garantizar una temperatura que consumiera todo de forma lenta sin que llegara a convertirse en ceniza y obtener así el carbón (figura 5).



Figura 5. Elaboración del carbón

Fuente: archivo personal de los autores.

Cera



Figura 6. Cera de Abeja Angelita

Fuente: archivo personal de los autores.

Según Long (1989), la cera usada en este proceso es de *abejón negro* (especie de abeja de la zona), aunque la Red Cultural del Banco de la República, (1993) propone el posible uso de cera de abeja *angelita*. La obtención de estos tipos de cera es difícil, pues estas especies se caracterizan por ser pequeñas y, por tanto, la producción de cera por colmena es muy poca, por eso, en los primeros experimentos trabajamos con cera de ortodoncia tipo Utility, ya que esta posee características muy similares a la del tipo *angelita* de textura maleable y de fácil impresión. Posteriormente hicimos contacto con el grupo de protección y conservación de abejas nativas, Ainyi; desde allí se mostró interés en nuestra investigación y se nos proporcionaron dos esferas de cera de abeja *angelita* del tamaño de una mano, con la que realizamos los últimos experimentos. Curiosamente, estos expertos en abejas manifestaron no conocer la especie de *abejón negro* de la que habla Long.

Como se planteó en la hoja de ruta, la cera fue previamente calentada con las manos para poder moldearla y, así, formar una lámina de un espesor de alrededor de tres milímetros. Esta lámina la imprimimos en principio con los dedos pulgares sobre la lidita con el fin de obtener la figura tallada con todo su relieve. También usamos herramientas como palillos y vaciadores para esculpir la arcilla y obtener una figura de mejor

definición (figura 6). Posteriormente, recortamos los sobrantes de la figura, colocamos el embudo para permitir la entrada de metal fundido y el respirador que permitiría la evacuación de los gases tóxicos y la salida de metal fundido, esto último como evidencia de que el metal ha llenado todo el interior del molde. Una vez se obtuvo la lámina de cera con la impresión de la figura, sumergimos la lámina en una cama de carbón vegetal pulverizado que permitirá obtener una copia exacta de la figura en el molde.

Metal

El material empleado por los muiscas era una aleación de 30 % de oro y 70 % de cobre, más conocido como *tumbaga*. Este funde a 1000 °C aproximadamente (Plazas y Falchetti, 1985) y en este proceso produce gases tóxicos, por tanto, para nuestra experiencia, buscamos un material que tuviera un comportamiento similar en cuanto a plasticidad y maleabilidad, pero sin emisión de gases tóxicos. Encontramos entonces la *pandora* (figura 7), usado en la actualidad por los joyeros para elaborar piezas en imitación a los acabados del oro por su color amarillo, que tiene un punto de fundición aproximado de 800 °C, cercano a lo que se requiere con la *tumbaga*. Sin embargo, no encontramos los porcentajes exactos establecidos de aleación de este material.



Figura 7. Pandora

Fuente: archivo personal de los autores.

Así, empleamos otro material llamado *zamak* —una aleación de 4,3 % de aluminio, 0,03 % de cobre, 0,02 % de magnesio y zinc remanente— de

color plateado y con un punto de fusión menor al usado por los muisca, alrededor de 600° C (figura 8). Este es empleado, mediante el proceso de vaciado, en la elaboración de figuras de pequeño tamaño como llaveros y prendedores, porque su capacidad de detalle es óptima, justo lo que se buscaba.



Figura 8. Zamak

Fuente: archivo personal de los autores.

Arcilla

La arcilla la extrajimos del municipio de Bojacá, Cundinamarca. Usamos aproximadamente una arroba y la dejamos en remojo durante una semana para aumentar su plasticidad y hacer que las impurezas como piedras y residuos orgánicos floten para retirarlas posteriormente. Luego, la filtramos y amasamos para mezclarla con cuarzo en polvo, que cumple el papel de

desengrasante; a nivel químico, este paso es necesario en la fabricación de cerámica, porque logra construir cadenas entre átomos que incrementan la plasticidad de la arcilla y en el proceso de horneado la convierten en pasta cerámica resistente a las fracturas. El siguiente paso fue sacar las burbujas, piedras y residuos de la mezcla (figura 9).

Unión de materias primas

Ovoides

En esta etapa de la reconstrucción de la cadena operatoria se disponen todas las materias primas ya transformadas, con el fin de realizar el molde de fundición ovoide. Este se elaboró de la siguiente manera:

Con la pasta cerámica hicimos esferas de alrededor de 8 gramos, que aplanamos hasta dejarlas de un grosor no mayor a dos centímetros y en el centro le colocamos la lámina de cera impresa y recubierta de carbón (figura 10). Luego, cerramos desde los bordes, aplicando agua constantemente para evitar las grietas. Para finalizar su elaboración, tomamos el molde ovoide producto de la unión de la pasta cerámica y cera con carbón y lo dejamos secar a temperatura ambiente por cerca de una semana. Posteriormente iniciamos el proceso de fundición.



Figura 9. Arcilla

Fuente: archivo personal de los autores.



Figura 10. Molde

Fuente: archivo personal de los autores.



Figura 11. Experimento 1

Fuente: archivo personal de los autores.

Experimentos de fundición

En total, adelantamos ocho experimentos de fundición, para los cuales utilizamos como instrumentos: un soplete, una cuchara de cerámica y bórax; en los experimentos 1, 2 y 7, pandora, y en los experimentos 3, 4, 5, 6 y 8, zamak. Realizamos la fundición con el soplete colocando el metal sobre la cuchara de cerámica previamente recubierta de bórax para evitar su fractura al calentarla.

Con el ánimo de corregir falencias y obtener mejores resultados, hicimos modificaciones en cada intento a partir de lo obtenido. Veamos ahora los resultados obtenidos en cada uno de los experimentos.

Primer experimento

Hicimos el embudo y el respiradero del primer ovoide con una pequeña rama de árbol. El molde contenía una lámina de cera Utility, cuyo peso era de aproximadamente 10 gramos. Con el soplete a su máxima capacidad alcanzamos una temperatura de 595 °C, observamos que el material se alteró hasta convertirse en una esfera acuosa, sin llegar a un estado totalmente líquido (figura 11).

Segundo experimento

En esta ocasión decidimos usar un soplete de mayor capacidad y construimos una estructura con ladrillos para mantener la temperatura. En su interior, pusimos la cuchara cerámica con la pandora y a su lado, el ovoide, con el fin de evaporar la cera que se encontraba en su interior. Después de exponerlo durante 40 minutos a la llama del soplete, el pandora llegó a un estado semilíquido, y consideramos que podía ser vertida en el ovoide.

Al verterlo, este fluyó, mas solo tomó la forma del embudo, lo que nos llevó a pensar que tanto el material como el metal se enfriaban muy rápido, así que decidimos calentar directamente el ovoide con el soplete, pensando que así el material seguiría fluyendo por el molde, pero este no alcanzó a tomar ninguna forma. Entonces, concluimos que necesitábamos una herramienta que elevara la temperatura del material, pues, aunque se lograba unir las partículas del metal, este no tenía la fluidez necesaria para formar la figura dentro del molde (figura 12).



Figura 12. Experimento 2

Fuente: archivo personal de los autores.



Figura 13. Experimento 3

Fuente: archivo personal de los autores.

Tercer experimento

Dado que necesitábamos fundir y mantener la pandora en estado líquido, acudimos a un taller de fundición. Sin embargo, como la cantidad que necesitábamos fundir era poca comparada con la capacidad del crisol que allí encontramos, decidimos realizar pruebas con *zamak*, que era el metal que usaban en ese lugar.

Colocamos el ovoide al lado del crisol durante 20 minutos para evaporar la cera en su interior, luego lo sujetamos con pinzas y vertimos el metal. Este se desplazó con rapidez y salió por el respirador, pero al momento de romper el molde, el metal no tomó una forma definida. Repetimos tres veces este proceso y en todas las ocasiones sucedió lo mismo.

Entonces, decidimos cortar longitudinalmente un ovoide con una segueta para ver cómo se encontraba la impresión de la figura en su interior. Cuando revisamos el ovoide seccionado, notamos que la pasta cerámica no tomó la impresión de la lámina de cera (figura 13); a partir de estos resultados, nos planteamos dos hipótesis: a) era posible que al momento de cubrir la lámina con pasta cerámica para formar el ovoide, la presión de las manos deformara la figura; b) podría ser necesario cocinar los moldes para garantizar la impresión de la figura en el ovoide.

Cuarto experimento

Después del secado, cocinamos los ovoides en un horno eléctrico, elevando paulatinamente la temperatura durante 8 horas hasta 1200 °C, para evitar que las piezas se fracturaran. Escogimos un ovoide de cada figura y lo cortamos longitudinalmente para verificar el estado de la impresión de la lámina de cera y, en esta ocasión, encontramos que la copia se había realizado con exactitud.

Hicimos pruebas de fundición con *zamak* en tres ovoides, pero antes de comenzar, colocamos un tornillo en el orificio del respirador para garantizar que el metal permaneciera en su interior. El material logró su estado líquido con gran facilidad y lo vertimos en los ovoides; luego, los dejamos enfriar por diez minutos, procedimos a romper los ovoides y a retirar la pieza de su interior (figura 14).



Figura 14. Experimento 4

Fuente: archivo personal de los autores.

No pudimos observar ninguna pieza exacta, pero logramos evidenciar partes y detalles de las imágenes grabadas. Con este experimento comprobamos la necesidad de cocinar los ovoides para lograr la copia de la figura de cera en su interior. De acuerdo con las fuentes consultadas, este último paso no se encuentra en la cadena operatoria, por lo que constituye un aporte de nuestra parte a este tipo de investigaciones.

Quinto experimento

Teníamos entonces que verificar una hipótesis que nos quedó del experimento tres: ¿Cómo controlar la posible deformación generada por la presión de las manos en la figura dentro del molde? Esta inquietud la resolvimos construyendo moldes en barbotina, pasta cerámica líquida, lo que nos permitió lograr una copia fidedigna de la figura en cera. Estos moldes también fueron cocinados en el horno con el mismo proceso del anterior experimento (figura 15).



Figura 15. Experimento 5

Fuente: archivo personal de los autores.

Comprobamos lo anterior al verter el *zamak* en los moldes de barbotina hasta que saliera por el respirador. Supusimos que así el molde estaba totalmente cubierto por el metal, pero al romper el ovoide para extraer la pieza, obtuvimos apenas una mitad. Dedujimos que esto se debió a que el *zamak* fluye con rapidez y busca la salida por el otro orificio (el respirador) y no alcanzó a llenar todos los espacios de la figura.

Sin embargo, en la parte del molde que se llenó, se logró una figura con mayor exactitud.

De este experimento, concluimos que el respirador debía cambiar de posición, luego de que en las anteriores ocasiones se ubicaba en la parte inferior de la pieza. De esta forma, consideramos, se podría garantizar que el material fundido alcanzara a llenar el interior del molde y lograr así la copia.

Sexto experimento

Con la intención de realizar la fundición con pandora, buscamos ayuda en el taller de fundición de la Facultad de Artes de la Universidad Nacional, donde nos facilitaron un horno eléctrico y un soplete de gas propano y oxígeno de dos boquillas, adecuado para alcanzar mayores temperaturas.

En principio se calentaron los moldes de barbotina en el horno a 450 °C para que al verter el metal, el choque térmico no lo solidificara. Luego, calentamos el pandora en la cuchara cerámica con el soplete. El metal se fundió con facilidad debido a la potencia del soplete. Así, lo vertimos en el molde precalentado, sin embargo, el material no fluyó dentro del molde, porque se enfrió muy rápido y produjo un tapón que no dejó fluir el metal (figura 16).



Figura 16. Experimento 6

Fuente: archivo personal de los autores.

Séptimo experimento

Retomando las lecciones que nos dejó el quinto experimento, construimos seis moldes en barbotina con el respirador en la parte superior de la figura para evitar que el metal fluyera directo a la salida. También realizamos perforaciones con una broca muy delgada para que los gases en su interior pudieran salir.

Calentamos previamente cinco de estos moldes para luego verter el material en su interior. Mientras se enfriaban, tomamos un sexto molde y le hicimos un orificio en una esquina y, allí, se insertó un alambre que permitió darle giros para lograr, por fuerza centrípeta, que el metal entrara a todas las partes de la figura (figura 17).



Figura 17. Experimento 7

Fuente: archivo personal de los autores.

Al final procedimos a romper los moldes y nos encontramos con piezas muy similares a la figura original, por lo que consideramos necesario practicar varios orificios a manera de respiraderos auxiliares y notamos que la lámina de cera debía ser un poco más gruesa para facilitar la fluidez del metal.

Octavo experimento

Se usaron moldes con barbotina, pero en este caso se usó la lámina de cera angelita con la figura. Esta cera permite un grosor cercano a los 2 milímetros, por lo que esperábamos que

el material fluyera mejor al interior del molde. También realizamos varias perforaciones como respiraderos auxiliares en dos moldes y el material usado fue nuevamente *zamak*.

Luego de verter el metal en el molde, se dejó enfriar en posición vertical y, al romperlo, se obtuvo una copia de una fidelidad mucho mayor a la anterior; si bien tenía algunas imperfecciones, se podían apreciar los detalles y relieves de la pieza (figura 18).

Aunque al terminar la recreación de la cadena operatoria no conseguimos una pieza exacta, esta experiencia nos dejó sentimientos encontrados, pues la zozobra de no haber alcanzado una pieza perfecta como las de los muiscas, ni siquiera utilizando tecnología actual, se mezcla con la emoción de conocer y comprender la complejidad de este proceso.



Figura 18. Experimento 8

Fuente: archivo personal de los autores.

Conclusiones

Este ejercicio de investigación involucró el encuentro de muchas áreas del saber, recibimos aportes de arqueólogos, antropólogos, químicos y artesanos, con los que realizamos algo más que el análisis de una técnica, reprodujimos un proceso tecnológico y como licenciadas en Diseño Tecnológico vemos la oportunidad formativa que puede representar en las aulas.

Llegamos a varias conclusiones al final de este proceso, de carácter técnico, tecnológico y pedagógico.

Dentro de las conclusiones de orden técnico, evidenciamos que algunos pasos de la cadena operatoria no fueron definidos en la teoría, por consiguiente, al momento de la experimentación logramos proponer algunos de estos pasos. En particular, destacamos que, aunque este es el primer trabajo de experimentación para esta técnica, en esta recreación pudimos identificar un paso indispensable; que el molde u ovoide debe ser cocinado para obtener una copia fiel de la lámina en cera, algo que no había mencionado anteriormente ningún especialista.

Aún quedan más pasos por rastrear, ya que al final del proceso no pudimos lograr la pieza metalúrgica con la calidad alcanzada por los muiscas, lo que nos hace suponer que se necesitan algunos pasos que no están descritos con exactitud, los cuales esperamos poder aclarar con próximos procesos investigativos.

Entre las conclusiones de tipo tecnológico rescatamos el grado de maestría de los muiscas en esta técnica y su pensamiento tecnológico, pues se evidencia que usaban materiales que tenían en su entorno y que poseían un gran conocimiento de las propiedades de estos, además, tenían criterios para su escogencia. Al reconstruir esta cadena, no utilizamos materiales ni herramientas exactas de la época; recurrimos a herramientas disponibles en la actualidad, como la pulidora o Mototool, y aun así no pudimos lograr una sola pieza perfecta, además de encontrar una alta dificultad al realizar estos procesos, mientras que ellos lograban no solo una, sino miles, de piezas detalladas, perfectas y bellas. Esto nos plantea incógnitas y nos produce una gran admiración por los procesos intelectuales que los muiscas desarrollaron alrededor de su técnica.

En el campo pedagógico, gracias a la socialización de nuestro trabajo con varios expertos y, en general, por el trabajo realizado a lo largo de esta investigación, reconocimos que la tecnología prehispánica sería un gran aporte en el aula de tecnología, pues tiene el potencial para proporcionar diversos conocimientos que respaldan el discurso en torno a la técnica, lo que podría permitir que el área de tecnología suscite en los estudiantes una reflexión sobre la concepción de tecnología como una posibilidad para solucionar problemas de una manera crítica y crear un conocimiento cercano a su realidad.

Índice de figuras

<i>Las fotos registradas son de autoría propia</i>	
Figura 1. Cadena operatoria	6
Figura 2. Hoja de ruta	7
Figura 3. Medición y talla inicial	8
Figura 4. Tallado final	8
Figura 5. Elaboración del carbón	8
Figura 6. Cera de Abeja Angelita	9
Figura 7. Pandora	9
Figura 8. Zamak	10
Figura 9. Arcilla	10
Figura 10. Molde	11
Figura 11. Experimento 1	11
Figura 12. Experimento 2	12
Figura 13. Experimento 3	12
Figura 14. Experimento 4	12
Figura 15. Experimento 5	13
Figura 16. Experimento 6	13
Figura 17. Experimento 7	14
Figura 18. Experimento 8	14

Referencias

- Ávila, C., Sanchez, D., y Varón, G. (2017). *Orfebrería en la cultura muisca Análisis y Descripción de la cadena operatoria con matriz lítica*. Manuscrito inédito.
- Long, S. (1989). Matrices de piedra y su uso en la metalurgia muisca. *Museo del oro*, 43-69.
- Ministerio de Educación Nacional. (2008). *Orientaciones generales para la educación en tecnología. Ser competente en tecnología ¡una necesidad para el desarrollo!* Bogotá: Colombia.
- Peréz de Barradas, J. (1958). *Orfebrería Prehispanica de Colombia*. Madrid: Talleres Gráficos.
- Plazas, C., y Falchetti, A. M. (1985). Patrones Culturales en la Orfebrería Prehispanica de Colombia. En U. d. Andes, *Metalurgia en America Precolombina* (pp. 200-246). Bogotá: Banco de la Republica.
- Quiroga, M. (2008). Las Unidades Sociopolíticas Muisca en el siglo XVI. En J. Gamboa, *Los Muisca en los Siglos XVI y XVII: Miradas desde la arqueología, la antropología y la historia* (p. 20). Bogota: Universidad de los Andes.
- Republica, B. d. (1993). La tierra del oro y el cobre: parentesco e intercambio entre comunidades orfebres del norte de Colombia y áreas relacionadas. *Boletín del Museo del Oro*, 1- 75.
- Rodríguez, C. (2010). *Matrices de orfebrería muisca. Anotaciones en torno al arte y la técnica*. Manuscrito inédito.

Eventos de la Facultad

Primer Congreso Internacional Avances y Perspectivas Pedagógicas sobre la Integración de Tecnologías en la Educación

Durante el 14 y 15 de septiembre de 2017 se realizó en Bogotá el Primer Congreso Internacional Avances y Perspectivas Pedagógicas sobre la Integración de Tecnologías en la Educación. El evento congregó a 18 prestigiosas universidades del mundo para analizar la incorporación de la tecnología en los procesos educativos. Al respecto, la profesora Linda Alejandra Leal Urueña, del Departamento de Tecnología de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), conversó con *Pre-Impresos*.

Pre-Impresos: ¿En que consistió y quiénes participaron en este encuentro?

Alejandra Leal (AL): Fue un espacio de encuentro e intercambio académico, que convocó a expertos en el desarrollo e integración de tecnologías en la educación, con el fin de compartir experiencias y discutir acerca de diversos retos derivados de la relación pedagogía/tecnología/educación, tales como: la formación inicial de profesores en competencias digitales, el aprendizaje colaborativo, el desarrollo de la creatividad, las diferencias individuales, los procesos cognitivos.

El congreso se desarrolló a través de conferencias magistrales de los invitados internacionales y mediante paneles de expertos, entre ellos: Kai Hakkaraine y Piritä Seitamaa-Hakkarainen, docentes de la Universidad de Helsinki (Finlandia); Reuma de Groot y Raúl Drachman, de la Universidad Hebrea (Jerusalén); el profesor Cristóbal Suárez Guerrero, de la Universidad de Valencia (España); Mario Eduardo Granda, del Instituto Superior de Ciências Educativas

do Douro (Portugal); Roxana Morduchowicz, consultora de UNESCO de Argentina, y Luis Facundo Maldonado, fundador de la Maestría en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación de la UPN, Colombia.

Pre-Impresos: ¿Qué finalidad y alcance tuvo el evento?

AL: Tuvo como finalidad divulgar con la comunidad académica de la UPN, de Bogotá y de Colombia, los avances y resultados de la investigación desarrollada en diferentes latitudes sobre las potencialidades de la integración de las tecnologías en la educación. Y su alcance se extendió a los maestros en formación de las diferentes licenciaturas de la UPN, así como a estudiantes y profesores de diversas instituciones de educación superior de Bogotá y de Colombia, interesadas en la formación de maestros y el uso de tecnologías en los procesos de aprendizaje.

Pre-Impresos: ¿Qué aspectos se destacaron del evento?

AL: Tuvo lugar la conmemoración de los 25 años de los programas de Maestría y Especialización en Tecnologías de Información Aplicadas a la Educación, del Departamento de Tecnología de la UPN.

También se desarrollaron diversos talleres sobre fabricación digital, robótica educativa, gamificación, programación de dispositivos móviles y diseño web, preparados por los profesores de las Licenciaturas de Diseño Tecnológico y Electrónica del Departamento de Tecnología de la Universidad Pedagógica Nacional, sobre proyectos de integración de tecnología y construcción de conocimiento tecnológico en la educación, fruto de su amplia experiencia y trayectoria en programas de formación de maestros en el ámbito educativo colombiano.

Pre-Impresos: ¿A quiénes estuvo dirigido el congreso?

AL: A Maestros en formación, profesores e investigadores interesados en el desarrollo y aplicación de tecnologías en la educación. El evento contó con la asistencia de más de 500 personas.

Pre-Impresos: ¿Quiénes organizaron y participaron en el evento?

AL: Fue organizado por el Departamento de Tecnología, con el apoyo de la Oficina Regional de Ciencias de la UNESCO para América Latina con sede en Montevideo; la Rectoría y la Oficina de Relaciones Interinstitucionales de la UPN y contó con la participación de delegados de la Red Latinoamericana de Universidades Pedagógicas que, en el marco del Congreso, discutieron acerca de la formación de profesores en TIC y Educación y Alfabetización Mediática e Informacional.

Pre-Impresos: ¿Cuál fue la importancia del evento para la comunidad educativa?

AL: Convocar a expertos investigadores de tan diversas latitudes que compartieron sus

experiencias y perspectivas relacionadas con el desarrollo de tecnologías para la educación, sus impactos en la educación y los retos que esto implica para la formación de los futuros profesores constituye una actividad de transferencia y gestión de conocimiento, indispensable para enriquecer puntos de vista, intercambiar experiencias y fortalecer redes de colaboración académica y de investigación.

Pre-Impresos: ¿Cuándo será la próxima versión y cuáles son las proyecciones?

AL: Esperamos que una próxima edición del Congreso pueda desarrollarse en dos o tres años. Como fruto del Congreso se están formulando propuestas con la Red Latinoamericana de Universidades Pedagógicas para ser presentadas ante la UNESCO para la financiación y desarrollo de proyectos relacionados con el uso seguro de las TIC en entornos escolares.

ACERCA DE LA SERIE PRE·IMPRESOS

La serie *Pre·Impresos Estudiantes* es un proyecto de la Facultad de Ciencia y Tecnología (FCT) de la Universidad Pedagógica Nacional que divulga a través de la comunicación escrita la producción intelectual de los autores, destacando sus experiencias y reflexiones respecto de los temas inherentes a sus campos disciplinares específicos y su enseñanza. Por tanto, configura un espacio de visibilidad y reconocimiento público del trabajo de los maestros en formación y en ejercicio adscritos a la FCT.

La escritura en el ámbito de las ciencias y la tecnología

La comunicación es un aspecto fundamental de los procesos de cognición que construye relaciones de fuerza e identificación entre las personas y define el lugar de cada individuo en un grupo. Así, toda relación social se funda en el intercambio de ideas, pues cuando hablamos y escribimos también damos forma al mundo. Por tanto, la conformación de comunidades académicas tiene un carácter social y comunicativo, proceso en el que la palabra escrita contribuye a la socialización de las ideas; dado que, la comunicación de la ciencia se realiza en lengua natural.

¿Qué es un pre-impreso?

Los Pre-impresos son una publicación previa que se utilizan en comunidades académicas para difundir el trabajo de sus miembros y contribuir a la formación de futuros investigadores, apoyando la cualificación de sus procesos escriturales.

Origen

Este proyecto editorial también constituye un espacio académico de formación y cualificación docente, que se inspiró en un trabajo similar que realiza el grupo *Física y Cultura* del Departamento Física de la FCT, con trabajos de profesores, desde principios de la década de 1990, con el fin de promover la circulación de las ideas de los profesores adscritos a este grupo de investigación.

Objetivos

Pre·Impresos Estudiantes promueve el fortalecimiento de la actividad académica en dos dimensiones; como **proceso de formación escritural** de los futuros maestros de ciencias, matemática y tecnología, y como **iniciativa editorial** que se traduce en una publicación seriada que divulga la producción intelectual de los estudiantes de la FCT.

El carácter del proceso realizado y el acompañamiento escritural que se brinda desde el proyecto hacen de esta experiencia una actividad académica de formación docente, con proyección en la práctica pedagógica e investigativa que contribuye a:

- Apoyar los fines misionales de la Universidad de investigar, producir y difundir conocimiento profesional docente, educativo, pedagógico y didáctico, además de propiciar una interacción con la sociedad para aportar a la construcción de nación.
- Propiciar una mayor consciencia lingüística, al poner de relieve la relación entre ciencia y lenguaje en el proceso de construcción textual, que requiere el desarrollo de la capacidad discursiva y habilidades comunicativas.
- Fortalecer la comunidad académica de la Facultad, al visibilizar las líneas de trabajo de los grupos de investigación de las diferentes unidades académicas.

Características

Pre·Impresos Estudiantes es un proyecto institucional de carácter extra curricular en el que pueden participar los estudiantes de los diferentes programas de la Facultad que quieran vincularse, ya sea, de manera individual o en grupo. El proceso de acompañamiento que se brinda exige compromiso y disciplina de los participantes, para la cualificación de su proceso escritural. Los temas a trabajar pueden cobijar una amplia gama de aspectos relacionados con las disciplinas —las ciencias, la matemática, la tecnología— y su enseñanza, así como, con la educación en general, ya sean reflexiones de carácter epistemológico y/o pedagógico, entre otras posibilidades.

Se puede participar con un amplio tipo de formatos de escritura, como por ejemplo: artículos, ponencias, módulos didácticos, cartillas, ensayos, crónicas, experiencias de aula, diarios, informes de investigación, por solo mencionar algunos. El proceso de elaboración, edición y publicación final de cada documento se ajusta al tiempo requerido por los autores para culminar esta labor. La publicación se hace en forma de cuadernillos monográficos en formato digital e impreso. La convocatoria es permanente.

Sobre las autoras



Gabriela Varón Lozano. Licenciada en diseño tecnológico (2017) de la Universidad Pedagógica Nacional. Sus intereses formativos se han centrado en las tecnologías prehispánicas, principalmente en la cultura Muisca. En su trabajo de grado, "Orfebrería en la cultura muisca. Análisis y descripción de la cadena operatoria con matriz lítica", recuperó parte de la teoría de la técnica de metalurgia por cera perdida de esta cultura. Esto le permitió participar en el V Congreso Internacional y XII Encuentro Nacional de Educación en Tecnología e Informática, con la ponencia del mismo título del trabajo de grado, que presenta los alcances obtenidos a este respecto. También, participó en el I Congreso Internacional Avances y Perspectivas Pedagógicas, con el propósito de conocer los trabajos que se están realizando alrededor de la tecnología en el aula. Le interesa el diseño gráfico, campo en el que tiene formación a nivel técnico; ha trabajado en colegios de pocos recursos, en los que ha trabajado conceptualizaciones tecnológicas que desarrollen su entorno positivamente a partir de material reciclable.



Diana Marcela Sánchez Yáñez. Licenciada en Diseño Tecnológico de la Universidad Pedagógica Nacional (2017). Realizó sus prácticas pedagógicas en la IED Rodrigo Lara Bonilla; gracias a esta experiencia, logró que sus intereses educativos en los desarrollos de tecnologías prehispánicas la llevaran a realizar con dos compañeros un trabajo de grado sobre desarrollo de técnicas de la cultura Muisca con excelentes resultados, como determinar un paso indispensable en esta técnica. Participó con la ponencia "Orfebrería en la cultura muisca: análisis y descripción de la cadena operatoria con matriz lítica" en el V Congreso Internacional y XIII Encuentro Nacional de Educación en Tecnología e Informática (2017), en la ciudad de Santa Marta.

<http://revistas.pedagogica.edu.co>