

MAZAS PREHISPÁNICAS DE METAL: SUR DE PERÚ Y EXTREMO NORTE DE CHILE

PREHISPANIC METAL MACES FROM SOUTHERN PERU AND NORTHERMOST CHILE

Ernesto Ponce L.*

Se analiza la evolución de las mazas precolombinas desde sus orígenes hasta el modelo incaico. Este se basó en la filosofía de dominio y no de exterminio sobre los pueblos conquistados. Se examinan sus procesos de fabricación por medio de micrografías y la composición metálica por análisis de Fluorescencia por Rayos X. El objetivo es comparar la potencia de estas armas indígenas con el arma clásica española: la espada toledana, diseño evolucionado de guerras sin cuartel. Como criterio de comparación se contrastan las relaciones del área de impacto y momento de inercia de estas armas con la espada toledana de la época, para determinar su efectividad en combate. El resultado indicó que la capacidad destructiva de la espada supera de cinco a 46 veces a la maza, siendo esto una de las tantas causas del colapso de los ejércitos incaicos en la Conquista de América. La justificación del trabajo radica en que hasta la fecha no se había realizado un análisis de ingeniería mecánica de las armas del conflicto. Se investigaron seis mazas y tres espadas de Toledo, dos de ellas de lazo, del modelo empleado en el siglo XVI.

Palabras claves: Metalurgia antigua, mazas prehispánicas de metal, espadas toledanas, estudios técnicos, área andina.

This paper shows the evolution of the precolumbian mace from its origin through the Inca style. The Inca style is based on the concept of domination rather than extermination of indigenous communities. The manufacturing process and chemical composition are analyzed by using microphotographic and semi quantitative X-ray fluorescence methods. The principal objective is to compare the power of indigenous weapons with the classic Spanish Sword of Toledo, which was used in many European wars. The parameter studied is a comparison between the initial area of impact of the ancient American mace and the sword of Toledo in order to measure effectiveness in combat. The results show that the destructive capacity of the sword is 5 to 46 times higher than the mace. This is one more reason why the Inca army collapsed. This unusual perspective in analyzing the effectiveness of ancient weapons from a mechanical engineering point of view was undertaken using six maces and three XVI century swords.

Key words: Ancient metallurgy, precolumbian metal maces, Toledan swords, technical studies, Andean area.

Las mazas metálicas en forma de estrellas evolucionaron a partir de mazas líticas; estas últimas, en un comienzo eran simples piedras en forma de disco, a las cuales les hacían una perforación circular en su centro, mediante un medio abrasivo. Posteriormente se les tallaron puntas, quedando con una configuración de cinco o seis de ellas. Durante el período Moche (100-700 d.C.) fueron utilizadas como pesadas armas principales, montadas en astas de madera de unos 70 cm de longitud y unos 4 cm en diámetro. Eran discos de unos 17 ± 2 cm de diámetro externo y 4 a 5 cm de grosor. Su geometría está descrita en el mural de Peñamarca, en el valle de Nepeña (Schuster 1992). Con el desarrollo de la metalurgia se les fabricó de cobre aleado, variando desde una copia de las líticas, hasta otras más estilizadas, agudas y menor dimensión (Figura 1). Su difusión ocurrió en el período incaico,

allí recibieron el nombre de *champi* y la herida causada, *coyoyasca*. Otros cronistas las llaman *macanas* o *huicapa* (Del Busto 1981), aunque parece referirse a la porra pequeña. Durante el Imperio Inca, fueron empleadas como armamento secundario, con piezas de seis puntas y asta de 30 a 60 cm de longitud y 3 cm de diámetro (Figura 2). Sin embargo, debido a que los guerreros de las distintas regiones usaban las armas que les eran más familiares: hachas, boleadoras, lanzas, ondas, flechas, lazos, dardos y jabalinas, les hacía perder uniformidad al conjunto, lo que significó reducir su efectividad (A.A.S. 1992). Guaman Poma (1936) indica que era un arma secundaria de los ejércitos del Inca, siendo la principal la lanza. Sin embargo, su eficacia sólo era limitada a los indios, no a los españoles, quienes estaban protegidos por cascos, rodela, corazas, cotas de malla, armaduras y acol-

* Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Tarapacá, Casilla 6-D, Arica, Chile. Correo electrónico: eponce@uta.cl

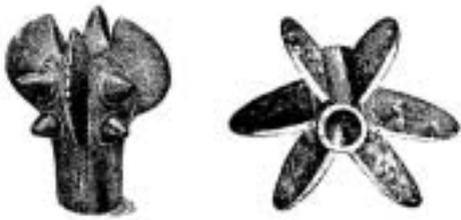


Figura 1. Maza de Cupisnique de cuatro puntas y otra Inca de seis.

Mace from Cupisnique, with four points and an Inca with six points.

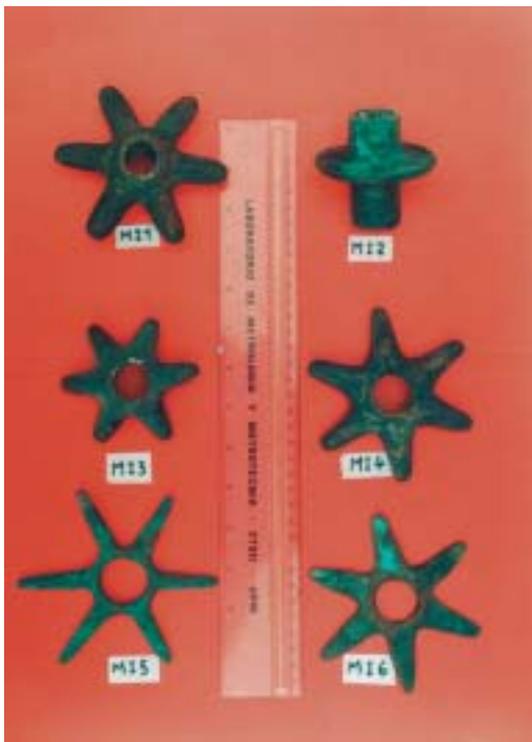


Figura 2. Mazas prehispánicas de aleaciones de cobre.
Prehispanic maces made of copper.

chados. La devastadora *macana* de los mapuches de Chile fue más peligrosa al hundir capacetes, mancar, tullir soldados y aun eliminar caballos. Esta arma no evolucionó como la maza estrellada, pero era más pesada y su mango más sólido y largo. La piedra de algo más de 1 kg era montada en una rama viva de un árbol de madera dura. Al crecer ésta, formaba una apretada unión con la piedra; en ese momento era cortada para ser usada; así no había riesgo que se desmontara en combate.

En tumbas incaicas se han descubierto pesadas estrellas perforadas de seis y ocho puntas, montadas sobre astas de 2 m de longitud. Se cree que su aplicación era blandiendo a dos manos semejante arma. Su efecto en un radio de más de 2 m debe haber sido algo digno de ver. Del Busto (1981) se refiere a que el cronista español Jerez había visto que los nobles las usaban de oro o plata. Sin embargo las mazas exhibidas en museos y colecciones privadas son de tamaño reducido, no conociendo el autor ninguna de metal noble ni de las dimensiones descritas.

En el viejo mundo, las mazas fueron usadas desde la edad del bronce. Evolucionaron en la Edad Media a piezas de acero, algunas con puntas y otras con filos. Se emplearon para hendir armaduras y cascos. Posterior a la Primera Guerra Mundial fueron empleadas en los encuentros de las trincheras, por ser más móviles en un medio estrecho, en el combate cuerpo a cuerpo. Existen diseños preincaicos y del Horizonte Tardío que son complejos. Quizá tanto o más que los europeos. Su efectividad debe haber sido extraordinaria, pero por razones que desconocemos prefirieron usar un modelo menos mortífero. Se hace referencia a la maza de Cupisnique y una de seis aletas (Kauffman 1978), similar a la egipcia y a otra de la Edad Media en Europa.

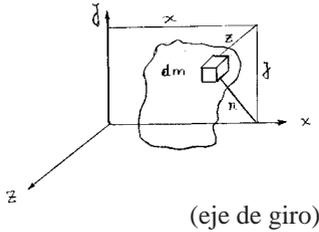
Comparación entre los Efectos de la Maza Precolombina y la Espada Toledana

Dado que hubo enfrentamientos en la conquista de América, un estudio dinámico tiene sentido si se comparan estas armas enfrentadas, lo que daría alguna luz sobre el resultado aplastante de las tropas hispanas. Asumiendo que un guerrero indígena y un soldado entregarán igual energía rotatoria al brazo, para el golpe circular, bastaría medir el área de impacto de cada arma y su momento de inercia.

Método empleado

En el estudio de movimiento de rotación de cuerpos rígidos, el físico suizo Leonard Euler utilizó el concepto “momento de inercia de un cuerpo”. Dicho concepto es una expresión que relaciona la masa distribuida de éste y el cuadrado de su distancia a un eje de referencia. También se les denomina momentos de segundo orden, debido a este valor con exponente dos. Básicamente se pue-

de definir como el producto de la masa del cuerpo por el cuadrado de su distancia al eje de rotación, en este caso.



Es así como el momento de la inercia de la masa dm respecto al eje x es:

$$dI_x = r^2 dm = (y^2 + z^2) dm$$

La suma de los momentos de inercia de todos los elementos de masa dm con respecto a un eje x cualquiera será el momento de inercia de dicho cuerpo:

$$I_x = \int r^2 dm$$

El momento de inercia influye directamente en la cantidad de energía que puede transportar un cuerpo giratorio. La energía de rotación se define como un medio del momento de inercia (respecto al eje de rotación) por el cuadrado de su velocidad de giro (angular).

$$\frac{1}{2} I_x \omega^2 = \text{Energía cinética rotacional}$$

Para cuerpos de geometría compleja, es preferible medir el momento de inercia a calcularlo. El método consiste en colgarlo verticalmente de un punto arbitrario y medir el período de oscilación. En los casos mostrados se colgaron del centro de la empuñadura.

El centro de masas se determinó montando el arma horizontalmente sobre un perfil en forma de T invertida y con su canto filoso hacia arriba. Esta pieza se niveló con nivel electrónico. Una vez que el arma estuvo horizontalmente equilibrada, se marcó la línea o punto de equilibrio y a continuación se midió la distancia desde este punto al centro de la empuñadura, obteniéndose la distancia R .

Para determinar experimentalmente el momento de inercia, el centro de empuñadura del arma se conectó a un soporte anular. Este tiene dos ejes radiales que sobresalen y van apoyados en sendos rieles horizontales y paralelos (es la bancada de una máquina universal de ensayos de materiales). El peso y momento de inercia de este soporte son conocidos.

El camino teórico para determinar el momento de inercia respecto a la empuñadura (I_o) viene del siguiente desarrollo:

Se considera un cuerpo colgando del punto "o", que oscila sin rozamiento sobre éste.

Haciendo la suma de momentos de fuerza (M_o) respecto a "o" se tiene:



$$\sum M_o = I_o \ddot{\theta} = -WR \text{ sen } \theta$$

siendo:

- $\ddot{\theta}$ la aceleración angular
- W el peso del cuerpo
- θ el ángulo desplazado

la ecuación queda:

$$I_o \ddot{\theta} + WR \text{ sen } \theta = 0$$

ordenando términos y realizando pequeños desplazamientos angulares θ que se aproximan a $\text{sen } \theta$, queda:

$$\ddot{\theta} + \frac{WR}{I_o} \theta = 0$$

que es una ecuación diferencial cuya solución es:

$$\omega = \sqrt{\frac{WR}{I_o}} \quad \text{siendo } \omega \text{ la frecuencia angular.}$$

$$\text{y el período } T = \frac{2\pi}{\omega} \text{ s.}$$

Este valor es cronometrado y corresponde al tiempo de una oscilación completa en segundos de la pieza colgada. Para fines prácticos se miden cinco períodos/ensayo, en cinco ensayos por pieza.

W es el peso que se mide en un equipo de precisión con una incertidumbre de 0,01 g en 1.000 g.

I_o se despeja de la ecuación:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{WR}{I_o}}$$

siendo $I_o = WR \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2$ Kg m²

El área de impacto (en mm²) se midió por medio de la marca del arma en papel de carbón plastificado (marca Kores) sobre papel cuadriculado en milímetros. Ambas hojas se montaron sobre tres capas de cartones corrugados, de uso standard en cajas para envases de mercaderías, los que a su vez estaban apoyados en una superficie plana y rígida. Mecánicamente equivale a la resistencia opuesta por un hombro humano con vestimenta media de protección. Se ha elegido este parámetro

porque la herida es más profunda en la medida que el área (con la que choca el arma contra el cuerpo) es menor.

El momento de inercia tiene que ver con la cantidad de energía que transporta el arma mediante un movimiento curvo, por ejemplo, de arriba hacia abajo. El efecto será proporcional a la energía descargada e inversamente proporcional al filo o área con la que incide. En este estudio se contempla el efecto contundente y el cortante. Los resultados de esta relación se indican en la Tabla 1.

El área demarcada por la impronta de las mazas se determina por el número de cuadrículas de 1 mm por lado, que se marcaron en el papel milimetrado. El que corresponde al área de choque de la espada se obtiene de la longitud de la marca por el ancho del filo de la hoja, que se determinó ser $0,03 \pm 0,01$ mm para una hoja afilada con piedra de grano 400, medido por el desplazamiento en un microscopio óptico.

Sin duda, cada guerrero tenía fuerzas, capacidades y técnicas de lucha diferentes, lo que influyó en la energía entregada al arma. Por esa razón aquí solo se muestran las características técnicas de cada una. El alcance de un arma blanca es importante, también lo es su momento de inercia, por

Tabla 1. Características comparativas de las piezas metálicas analizadas.
Comparative features of the analyzed metallic pieces.

Pieza	Alcance del golpe sin incluir brazo [mm]	Momento inercia/área Choque inicial, golpe circular x 0,001 kg m ² /[mm ²]	Momento inercia respecto empuñadura, I_o x 0,001 [kg m ²]	Peso [g]	Área de impacto [mm ²]
MI1	402	1,9693	74,834	506,0	38
MI2	402	0,6122	52,650	377,5	86
MI3	402	0,5730	51,567	327,3	89
MI4	402	0,5797	51,010	318,2	88
MI5	402	1,1881	30,096	162,9	25,3
MI6	402	3,6193	28,955	154,0	8
MM1	672	0,9266	580,079	1.135,5	626
MM2	672	1,1936	518,044	1.001,9	434
Espada					
Toledo 1	800	26,371	131,855	1035,7	5
Espada					
Toledo 2	800	25,458	127,295	965,4	5
Espada					
Toledo 3	800	19,227	96,138	820,5	5



Figura 3. Espadas toledanas siglo XVI. Estas son las espadas típicas empleadas en la conquista (A.A.S. 1992).

Toledan swords XVI century. These swords were typical of the conquest period.

estar relacionado con la cantidad de energía que se puede transmitir. Si el movimiento es de rotación pura, la energía cinética es $\frac{1}{2} I \omega^2$, siendo I el momento de inercia respecto al punto de rotación instantáneo y ω la velocidad angular. El punto de rotación instantáneo es simple de calcular, por ejemplo, si el movimiento fue realizado sin avanzar, está ubicado en un eje cercano a las rodillas, no en la muñeca, ni en el codo, ni en el hombro. Si el movimiento del brazo se hizo dando un paso al frente, el centro de rotación instantáneo está en el punto de contacto del pie que está en ese instante apoyándose en el suelo. Para un cálculo exacto debe considerarse el momento de inercia del conjunto arma-soldado. Esto es variable según la estructura, peso, posición y condiciones físicas de cada individuo. Siendo más sencillo medirlo que determinarlo por cálculo. Estas condiciones sólo muestran lo complicado que es analizar el movimiento del mecanismo humano. Para los propósitos de este trabajo basta con la comparación de los momentos de inercia respecto a la empuñadura, de cada arma en cuestión. Un análisis de un golpe de punta o estocada, deja fuera de comparación a la maza respecto a la espada toledana, que tenía 1 mm de área de impacto inicial con un alcance del arma de 1.000 mm, más la longitud del brazo del soldado (Figura 3). Con la maza estrellada, esta forma de ataque era imposible. Se puede ver que con la estocada se lograba la menor área inicial del impacto, respecto al golpe tajante de la hoja y respecto a cualquier maza. Al momento de alzar su macana, el guerrero inca podía ser atravesado con el arma de Toledo.

Conceptos Considerados en el Diseño

Las cachiporras incaicas de metal, aún usadas con destreza, no eran armas de exterminio. Basta

observar sus puntas romas, que en el cuerpo y miembros de la víctima no producían heridas mortales. Sólo si eran usadas como rompecabezas, su capacidad de hacer daño era mayor. Primero se atacaban las piernas del contrario y, luego de caído, la cabeza, la que estaba protegida por un yelmo de madera, fibra o algún material orgánico absorbente de choques. En su mayor parte las guerras del inca no eran de exterminio, sino de conquistas, dominación e integración de los pueblos dominados. Sitiaban a los opositores, les cortaban suministros y agua, esperando pacientemente su rendición, la que ocurría tarde o temprano. Las condiciones eran de aceptación de la deidad solar, reconocimiento del Inca como soberano y sometimiento a la administración y leyes del imperio. Aún si habían combates, los incas eran generalmente clementes con los vencidos. Esta filosofía muestra que no requerían de un armamento que incapacitase o eliminase a sus futuros súbditos, porque eso no era conveniente desde el punto de vista económico-político. De allí que el peso, dimensión y alcance de las mazas fuese limitado por esta concepción de la guerra.

Las espadas toledanas, en cambio, eran largas, ligeras, de un material superior como el acero al carbono. Podían cortar, no aplastar, con golpes circulares dados con el filo. Además en un movimiento rectilíneo podían darse estocadas. Tenían más de tres milenios de evolución. Antes de su “entrada en servicio”, las espadas de Toledo eran probadas con flexión alrededor de una guía curvada; en impacto sobre una pieza absorbente de energía y en punzonado, sobre una placa metálica que debía perforarse. Tenían un guardamanos defensivo que protegía la empuñadura; esto incluía un garfio para arrebatarle el arma al contrario en lucha muy cercana. Poseían doble filo y punta aguzada. El concepto de diseño se basó en el de guerra total, donde todo valía con tal de causar la derrota y eliminación completa del contrario. Era un elemento de exterminio sin lugar a dudas. Aún hoy es un arma respetable. Las guerras europeas del siglo XVI y anteriores imprimieron esa característica a sus métodos de guerras, concepto generalmente no empleado por los pueblos americanos de la época. También debe considerarse que la brecha en tecnologías bélicas era de siglos, una diferencia de la Edad del Bronce (pero sin caballos) al Renacimiento.

Las armas hispanas seguían un patrón de manufactura y su geometría, dimensión y peso estaban definidas. No ocurría lo mismo con las mazas. La cabeza de las cachiporras eran fabricadas por distintos métodos, fundición a la cera perdida, fundición entre moldes bivalvos y forja. Un aspecto interesante de destacar era que las mazas estrelladas ligeras representaban algún símbolo de mando. En los grabados de Guaman Poma (1936) figuran señores del Imperio Inca, llevando en sus manos como cetro una maza de ocho puntas. Un símbolo de esta clase debió ser ligero, de lo contrario, se habría convertido en algo incómodo.

Recientes estudios sobre heridas craneanas en antiguos pobladores de San Pedro de Atacama, indican que un alto porcentaje sobrevivió, ya que así lo indica el tejido óseo cicatrizado. Se ha obtenido una tasa de 15,03% en 161 individuos estudiados que muestran las improntas de maza y/o hachas en el cráneo (Costa Junqueira et al. 1998). Estos autores describen heridas del cráneo realizadas con objetos punzo-contundentes. Personalmente pude estudiar siete mazas, depositadas en el Museo Arqueológico Rdo. Padre Gustavo Le Paige, de la Universidad Católica del Norte, en San Pedro de Atacama, de aleación de cobre, lo que indica la profusión de dichas armas en ese lugar y la comprobación de nuestra sugerencia, de que se trataba de armas de control y no de exterminio.

Métodos de Fabricación de Mazas

Las mazas MI 1 (Figuras 2 y 4), MI 2 (Figuras 2 y 5) y MI 3 (Figura 2) fueron fabricadas por fundición a la cera perdida. Un primer examen realizado en el laboratorio de materiales, bajo un lente de aumento, no reveló marcas en unión de moldes ni arena inserta en la superficie metálica. Esta última luce pulida, lo que revela una buena técnica de modelo. En el sur de Perú había buen material para moldes: bentonita y anhidrita, que pueden ser ideales para este tipo de fundición de precisión. El metal de estas piezas es de cobre. La pieza MI 4, proveniente de quebrada Camarones, es de origen incaico: Horizonte Tardío. El material es de bronce. Para fabricarla se utilizó un molde de dos piezas: de arcilla mezclada con arena. Una línea divisoria ecuatorial está claramente marcada y hay indicios de arena en la superficie de metal. Su acabado no es pulido como el de las mazas anteriormente descritas, sin embargo, su elaboración fue

menos compleja y más rápida que por cera perdida. El método usado actualmente para piezas bajas es similar al de la maza hallada en Camarones. La cabeza del mazo MI 5 fue también fundida (Figuras 2 y 6). Por su rusticidad superficial se deduce que usaron un molde bivalvo. Los bordes internos de agujero muestran irregularidades típicas del empleo de un alma arcillosa, con exceso de humedad. Réplicas actuales realizadas en laboratorios así lo indican: un abarrilamiento del agujero en su diámetro ecuatorial. Los gases del vapor de agua contenida en el molde empujan hacia el exterior el metal fundido, creando un mayor diámetro en el centro que en los bordes. Esta pieza tan esbelta es difícil de fabricar, a no ser que se disponga del metal a temperatura superior a 1.200 °C. Debe alcanzarse el extremo de las puntas de la maza, sin que el metal se enfríe. En un recorrido tan extenso, con una sección tan estrecha, esto no puede ocurrir fácilmente. Otra particularidad de esta pieza es que tiene dos puntas soldadas. Si inicialmente salió defectuosa por el enfriamiento descrito, era más fácil repararla que hacer otra nueva. La reparación consistió en vaciar el metal en un nuevo molde con la pieza dentro. El vaciado se hizo cerca de la pieza inconclusa, tocando el metal de la primera colada, para calentarlo, fundirlo y formar el trozo que falta a partir de él. Estas son las "cicatrices" de reparación que presenta esta pieza. La maza MI 6 (Figura 2), a diferencia de las otras, fue fundida y luego forjada. Su espesor es uniforme y los extremos de sus brazos son como cinceles. Es de cobre y una de las más ligeras dentro de las que tienen forma estrellada. Dada la dificultad de hallar ejemplares en museos de la zona en estudio, se recurrió a colecciones privadas.

Origen, composición química y micrografías (Tabla 2)

Por medio del análisis semicuantitativo de fluorescencia de Rayos X, se determinaron porcentajes de elementos presentes (Tabla 3).

Relación de cantidad de metal empleado

Si se estima que un soldado de infantería de la conquista portaba como equipo mínimo una espada, un casco, una rodela y una daga, estaría portando unos 4 kg de acero. Se descarta algún tipo de peto, protección de piernas, brazos y manos, pen-



Figura 4. Maza MI 1 100X. Fundición a la cera perdida. Los límites de grano son claros, lo que indica un lento enfriamiento en molde aislado.

Lost wax melting. The grain boundaries are pale, indicating a slow cooling process in an isolated mold.



Figura 5. Maza MI 2 400X. Fundición a la cera perdida, se observa un trocito de platino. El sector oscuro de la derecha es una cavidad donde hubo un trozo de este metal.

Lost wax melting. Pieces of platinum can be observed. The dark area to the right is a cavity where there was a piece of this metal.

sando en el peor de los casos de un soldado pobremente equipado. El guerrero aborigen con mayor cantidad de metal sólo opondría una maza con un máximo de 0,5 kg de cobre. En esta aproximada y conservadora relación, el español llevaría ocho veces más metal. Esto también da una medida de la superioridad tecnológica. La proporción crece al pensar en el caballero, quien vestía la denominada media armadura, casco con celada, peto, espaldar, brazales, humerales, guanteletes, falsetes y quijotes (en las piernas), espuelas, lanza, espada, daga, escudo. Para el caballo: estribos, arneses, herraduras y herrajes. Esto sumaba unos 18 kg, con lo cual la relación de metales crecería a 36 veces, con ventaja para el conquistador.

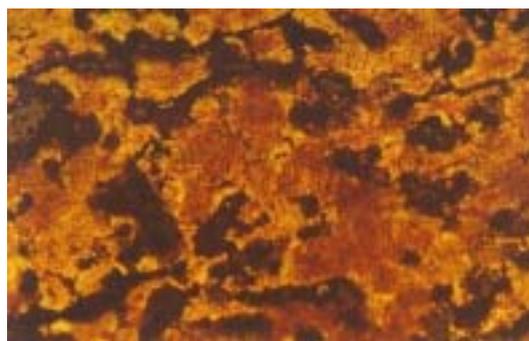


Figura 6. MI 5 100X. Fundida en molde bivalvo. Granos difusos indican enfriamiento rápido, como debió ocurrir en esta pieza esbelta.

Melted in a bivalve mold. Diffuse grains show fast cooling.

Tabla 2. Procedencia de las piezas metálicas analizadas. *Origen of the analyzed metallic pieces.*

Pieza	Origen	Colección
MI 1	Inca, horizonte tardío	Robert Kommer, Arica
MI 2	Nazca, horizonte intermedio temprano	Robert Kommer, Arica
MI 3	Inca, horizonte tardío	Robert Kommer, Arica
MI 4	Inca, horizonte tardío	Familia Percy Dauelsberg, Arica
MI 5	Inca, horizonte tardío	Robert Kommer, Arica
MI 6	Inca, horizonte tardío	Robert Kommer, Arica

Tabla 3. Porcentaje de elementos presentes. *Percent of identified elements.*

Maza MI 1	Maza MI 2	Maza MI 3
Cu = 82,2	Cu = 94,0	Cu = 83,0
Si = 4,02	As = 1,96	F = 3,6
P = 3,69	Pt = 1,27	Sn = 3,15
Al = 2,04	Ag = 0,75	Si = 2,39
K = 1,68	Pb = 0,461	Cl = 2,17
Mg = 1,65	Lu = 0,348	Na = 1,29
Cl = 1,58	S = 0,320	S = 1,02
Ca = 1,19	P = 0,309	Al = 1,01
Sn = 0,601	Zr = 0,142	Mg = 0,442
S = 0,508	Cl = 0,114	Ca = 0,346
Fe = 0,367	Cd = 0,11	K = 0,312
Pt = 0,181	Zn = 0,071	Fe = 0,307
Zn = 0,0637	Mn = 0,0415	Pt = 0,252
Cd = 0,051	W = 0,041	Lu = 0,238
As = 0,050	V = 0,024	P = 0,219
Pb = 0,046	Al = 0,0198	W = 0,087
Cr = 0,0419	Cr = 0,0144	Hg = 0,064
Sr = 0,0239	Ca = 0,0119	Cr = 0,0395
	Ti = 0,0077	Ge = 0,0091
	Si = 0,0069	
	K = 0,0018	

Conclusiones

Sobre la metalurgia

Empleaban cobre poco refinado, eso confería la ventaja del menor peso respecto al Cu refinado, por contener elementos no metálicos, algunos de los cuales mejoraban sus propiedades mecánicas. Las piezas tienen diferentes composiciones debido a que procedían de distintos yacimientos. En la pieza MI 2 aparece Pt en 1,27% como material triturado; no está ligado al Cu según se observa de la correspondiente micrografía (Figura 2 y 5), la microdureza medida es de 41.31 HV, la del Pt puro es de 38 a 40 HV. Este metal funde a 1.769 °C, temperatura difícil de alcanzar en esa época con hornos de barro, por esa razón se cree que lo incorporaron molido y lavado sobre el cobre fundido. Estas técnicas son pulvimetalurgia, recién incorporadas en occidente a comienzos del siglo XX. Algunos de los métodos de empleo incaicos aún se emplean, como moldes bivalvos y cera perdida. Las reparaciones por soldadura en caliente fueron la solución lógica para evitar un largo trabajo de rehacer una pieza fundida. Este camino era usado hasta hace poco en la reparación de campanas. La forja en frío mejoró las cualidades mecánicas de sus armas y les permitió reducir peso.

Sobre el diseño

Las mazas en forma de estrella eran armas limitadas por la concepción incaica de dominio y no de exterminio sobre los pueblos conquistados. Su alcance era corto y sólo podía ser efectiva en gol-

pes circulares al cráneo o el rostro; aún así no eran del todo mortales. No se podían emplear como armas punzantes en un movimiento rectilíneo, como en las estocadas de una espada o daga. Las espadas españolas podían usarse con los dos filos y con la punta aguzada; desde el punto de vista mecánico y metalúrgico eran muy superiores a las hachas y macanas incaicas. Tenían más posibilidades de herir a los contrarios y defender a sus portadores que, por lo demás, eran los mejores espadachines de Europa. Era un arma exterminadora. La relación momento de inercia/área de impacto entre armas como espada y maza, resulta ser muy superior en la primera sobre la segunda. Se obtienen valores de 13,39 para las armas más pesadas (ET 1/MI 1) a 5,31 en las más ligeras (ET 3/MI 6), siendo el caso extremo la relación $ET\ 1/MI\ 3 = 46$. Esto muestra en parte solamente una de las razones del rápido colapso de los ejércitos nativos frente al de los españoles, descartando las pestes que diezmaron la población aborigen durante el evento en estudio. Como se inició antes, hay más diferencias y quizás mayores, como el uso racional de la caballería, armas de fuego, ballestas, tácticas, estrategias, alta moral combativa y armamento defensivo, entre otros, pero sobre todo el concepto de guerra sin límites impuesto por los europeos, que desconcertó a pueblos que habían puesto control a sus conflictos.

Agradecimientos: A la Universidad de Tarapacá, al Proyecto Multinacional de Materiales de O.E.A., al arqueólogo Guillermo Focacci (†) y al ingeniero Modesto Mollo, quienes hicieron posible este trabajo.

Referencias Citadas

- A.A.S.
1992 Armas de los imperios Precolombinos. *Armas y Municiones* 78: 17-31.
- Alva, W.
1988 Discovering the new world's richest unlooted tomb. *National Geographic* 4: 174: 510-555.
- Álvarez, M.L.
1981 Metalurgia prehispánica en el extremo norte de Chile. *Revista Parina* 1: 33-38.
- Bennet, W.C.
1954 *Ancient Arts of the Andes*. The Museum of Modern Art, New York.
- Cieza de León, P.
1880 [1553] *La Crónica del Perú*. Ediciones del Museo de Las Américas, Madrid, 1994.
- Costa Junqueira, M.A.; W. Neves; A. M. Barros y R. Bartolomucci
1998 Trauma y estrés en poblaciones prehistóricas de San Pedro de Atacama, Norte de Chile. *Chungara* 30: 65-67.
- Cuesta Domingo, M.
1980 *Arqueología Andina: Perú*. Ministerio de Cultura, Madrid.
- Cuesta Domingo, M.
1982 *Los Trabajos en Metal en el Área Andina*. Ministerio de Cultura, Madrid.
- De la Vega, I.G.
1973 *Comentarios Reales de los Incas*. Tomo II, Editorial PEISA, Lima.
- Del Busto, J.A.
1981 *Perú Incaico*. Editorial Librería Studium, Perú.

- Díaz, M.
1988 *Francisco Pizarro el Conquistador del Fabuloso Perú*. Ediciones Anaya, Biblioteca Iberoamericana, Madrid.
- Donnan, C. y L. J. Castillo
1992 Finding the Tomb of a Moche Priestess. *Archaeology* 45: 38-43.
- Ercilla, A.
1993 *La Araucana*. Editorial Nascimento, Santiago.
- Hurk Heimer, H.
1947 Breve bibliografía sobre el Perú prehispánico. *Fénix* I: 200-282.
- Gispert, C.
1995 *Historiadores de Indias*. Instituto Gallach, Grupo Editorial Océano, Barcelona.
- Guaman Poma de Ayala, F.
1936 *Nueva Crónica y Buen Gobierno*. Instituto Etnología, París.
- Kauffmann, F.
1962 *Historia General de los Peruanos*. Tomo I. Editores Sociedad Académica de Estudios Americanos, Lima.
- Kauffman, F.
1978 *Manual de Arqueología Peruana*, 6ª edición. Editorial Iberia, Lima.
- Letchman, H.
1984 Andean value systems and the development of prehistoric metallurgy. *Technology and Culture* 25: 1-36.
- Letchman, H.
1991 *La Metalurgia Precolombina. Tecnología y Valores. Los Orfebres Olvidados de América*. Museo Chileno de Arte Precolombino, Santiago.
- Mead, Ch.
1915 Prehistoric bronze in South America. *Anthropologic Papers of the American Museum of Natural History* 12, New York.
- Murra, J.V.
1978 *La Organización Económica del Estado Inca*. Editorial Siglo XXI, México.
- Ponce, E., L. Álvarez, J. Jiménez, R. Torrico y M. Mollo
1996 Metalurgia precolombina del cobre: Norte de Chile, Caleta Camarones. *Revista de la Facultad de Ingeniería* 3: 11-16.
- Salas, M.A.
1950 *Las Armas de la Conquista*. Ediciones Anaconda, Florida, Buenos Aires.
- Sancho de la Hoz, P.
1937 *Relación para S.M. de lo Sucedido en la Conquista y Pacificación de la Nueva Castilla*. Col. Libros y Documentos para la Historia del Perú, Instituto de Etnología, París.
- Sarmientos de Gamboa, P.
1942 *Historia de los Incas*. Editorial Emecé, Buenos Aires.
- Schuster, A.
1992 Inside the royal tombs of the Moche. *Archaeology*: November/December: 30-45.
- Vega, J.
1992 *Los Incas Frente a España*. Editorial PEISA, Lima.

