
Bramaderas: ¿instrumento o sistema de comunicación? Un acercamiento experimental

Lucía Ruano Posada¹ y Mario Freire Ruiz²

Resumen

Los investigadores suelen describir las bramaderas como instrumentos aerófonos de la Prehistoria; sin embargo se ha planteado un posible uso alternativo como sistema de comunicación a corta/media distancia, experiencia que se ha realizado en este estudio. Partiendo de una investigación preliminar de corte arqueológico, etnográfico e historiográfico, se han fabricado un conjunto de cinco bramaderas con distintas características físicas y morfológicas. Sobre ellas se ha realizado una doble experimentación, una primera experiencia midiendo el nivel de decibelios de cada bramadera, y una segunda para comprobar su eficacia como sistema de comunicación a corta/media distancia.

Palabras clave: Bramadera. Arqueología experimental. Etnografía. Instrumento musical. Sistema de comunicación.

Abstract

Researchers usually describe the bullroarer as Prehistoric aerophone instruments. However, this study advocates for an alternative use as a short/medium distance communication system. Drawing from a preliminary archaeological, ethnographic and historiographic research, we have built a set of five bullroarer with different physical and morphological features. With them, a double experiment has been carried out. On the one hand, we have measured the decibel level of each bullroarer and on the other hand, we have checked their efficiency as a short/medium distance communication system.

Keywords: Bullroarer. Experimental Archaeology. Ethnography. Musical instrument. Communication system.

INTRODUCCIÓN

La Arqueología Experimental es “un modelo de contrastación de hipótesis a través de la experimentación que de forma rigurosa admita la validez, para fases de la Prehistoria, de un proceso técnico desarrollado en la actualidad” (Baena 1997: 3). En la actualidad, muchos investigadores no pasan de la mera reproducción de piezas prehistóricas, lo cual apenas aporta información sobre procesos en el pasado. Para llevar a cabo una experimentación arqueológica el investigador debe plantear una hipótesis y realizar unas preguntas básicas, que permitan establecer una cuestión de estudio y una metodología válida. Una vez establecidos estos puntos, el investigador podrá comenzar la experimentación y valorar los resultados obtenidos.

Dentro de la experimentación en arqueología podrían diferenciarse diferentes métodos o escalones, ya que no es lo mismo intentar reproducir una técnica prehistórica, que estudiar un aspecto del funcionamiento o la funcionalidad de los objetos reproducidos. Por ello, el planteamiento de la metodología debe atenerse a las necesidades de la experimentación, siendo claro para el investigador los resultados que se buscan con el trabajo. Al mismo tiempo, se deben poner en claro el número de variables que se quieren controlar en la experimentación, ya que el número de éstas dependerán, en muchas ocasiones, de la pericia del investigador.

Al mismo tiempo, en una experimentación arqueológica se debe comprender que existen unos límites en la valoración de las conclusiones, ya que aunque nuestra hipótesis se demuestre verdadera tras la experimentación, no se puede afirmar la exclusividad del modelo propuesto

¹ Universidad Autónoma de Madrid (UAM). lucia.ruano@estudiante.uam.es

² Universidad Autónoma de Madrid (UAM). mar.freire@estudiante.uam.es

(Baena 1997: 4). Siempre se debe de tener claro que lo que se propone es un modelo, y que es muy probable que existan modelos alternativos con hipótesis igualmente aceptables.

En este proyecto se ha realizado una experimentación sobre un tipo de instrumento prehistórico, las bramaderas, con el objetivo de comprobar las diferencias entre la materia prima utilizada para su elaboración y su funcionalidad en la Prehistoria. Más que un experimento, podemos denominar como experiencia a este acercamiento a la funcionalidad de las bramaderas prehistóricas, ya que se ha realizado una única experimentación sobre la alternativa propuesta, lo que resta solidez a la aceptación de nuestra hipótesis.

Las bramaderas, rombos, zumbadores, *bull-roarer* (ya que se relacionan con el bramido de los bóvidos), churingas, ... son láminas de madera, hueso, asta, piedra o metal, que han sido interpretados por los investigadores como instrumentos aerófonos de la Prehistoria, y que en la actualidad aún son utilizados por algunas tribus primitivas de Australia central y noroccidental. Son placas oblongas, alargadas y planas, que presentan un agujero en uno de sus extremos, en el que se ata un cordaje. El instrumento se hace sonar al girarlo por encima de la cabeza o a un costado del músico. La bramadera, con su giro, consigue provocar una vibración en el aire, que produce un sonido modulante, el cual depende de la intensidad a la que se produce el giro.

REGISTRO ARQUEOLÓGICO

Los ejemplos más antiguos de bramaderas se han datado del periodo Magdaleniense, Paleolítico superior, que se extiende en Europa occidental desde el 18.000 hasta el 9.000 a. C. Probablemente, el ejemplar más antiguo se encontró en Ucrania, con una datación de 17.000 años a. C., y su uso se extendió por todo el mundo, documentándose a lo largo de toda la Historia hasta la actualidad (Gregor 1987: 106).

Ignacio Barandiarán (1971, 2012) hizo un profundo estudio sobre las bramaderas conocidas del hábitat magdaleniense sur europeo, deteniéndose en tres zonas concretas donde los hallazgos son mayores: el frente cantábrico peninsular, la vertiente septentrional del Pirineo y la Dordoña. En estas tres zonas se han documentado aproximadamente unos 30 objetos que pueden ser considerados como bramaderas.

Para él, estos objetos tienen unas características propias que determinan su pertenencia a la categoría de instrumento, que se relacionan con los rasgos formales del soporte. Generalmente, las bramaderas son varillas obtenidas de huesos costales de herbívoros de gran tamaño, como équidos o bovinos, y en asta, generalmente de reno. Habría que considerar la existencia de objetos de madera, que no se han conservado debido a las características orgánicas de la materia prima. Estas varillas son trabajadas para conseguir objetos aplanados, estrechos y largos, de formato muy esbelto. Los tamaños varían entre 190 y 80 mm de longitud, 36 y 11 mm de anchura y 5,5 y 1,1 mm de grosor. La diferencia entre las dimensiones ha sido atribuida por Barandiarán a la necesidad de producir sonidos de diversa gravedad o agudeza, ya que se ha comprobado que el tamaño influye en el sonido. Los objetos presentan entalladuras opuestas a los lados del extremo distal, una perforación en el mismo, o en casos únicos una perforación en una cabeza subcircular, que se convierte en un aro o anilla (Barandiarán 2012: 322).

En la Península Ibérica se han documentado bramaderas en la cueva del Pendo, en la cueva de Altamira, en la cueva de la Paloma y en la cueva de Aitzbirarte IV. En Francia, han aparecido numerosos ejemplos en puntos de Dordogne, como en el yacimiento de Badegoule y Laugerie Basse, y en Garonne, en el yacimiento de Lespugue.

Se han documentado piezas de características similares en otras zonas del mundo, con cronologías posteriores. Encontramos ejemplos de bramaderas en Escandinavia, donde los arqueólogos Hein B. Bjerck y Martinius Hauglid, documentaron en Tov, al norte de Noruega, una pieza de 64 mm de longitud, con una antigüedad aproximada de 5.000 años. En la Antigua Grecia, la bramadera era conocida con el nombre de *rhombos*, y generalmente se utilizaban en el culto de la diosa Cibeles.

Para este proyecto, se ha utilizado como ejemplo la bramadera encontrada en la cueva La Roche de Boril (o de Brie) en Lalinde (Dordoña) por L. Peyrille en el año 1927, ya que además de ser una de las más estudiadas, se halló entera (Fig. 1 b). En 1930, D. Peyron realizó una descripción muy precisa del objeto, añadiendo un dibujo y proponiendo una posible funcionalidad (Fig. 1 a). La pieza estaba elaborada en asta de reno, con un orificio de suspensión en una de sus extremidades. Presenta decoración en una de sus caras con grabados complejos no figurados, y se encontró cubierta de ocre. Para los primeros investigadores, no se dudaba la funcionalidad de instrumento prehistórico de este objeto, ya que era muy similar a la “churinga” de los indígenas australianos. La pieza tiene 157 mm de longitud, 34,3 mm de anchura y 5,5 mm de espesor máximo. Tanto por su contexto estratigráfico, como por su contexto industrial, los investigadores han atribuido esta pieza al Magdaleniense final, momento en el que es muy común la industria de hueso. Actualmente, la pieza se conserva en el Musée des Antiquités Nationales (Saint Germain-en-Laye).

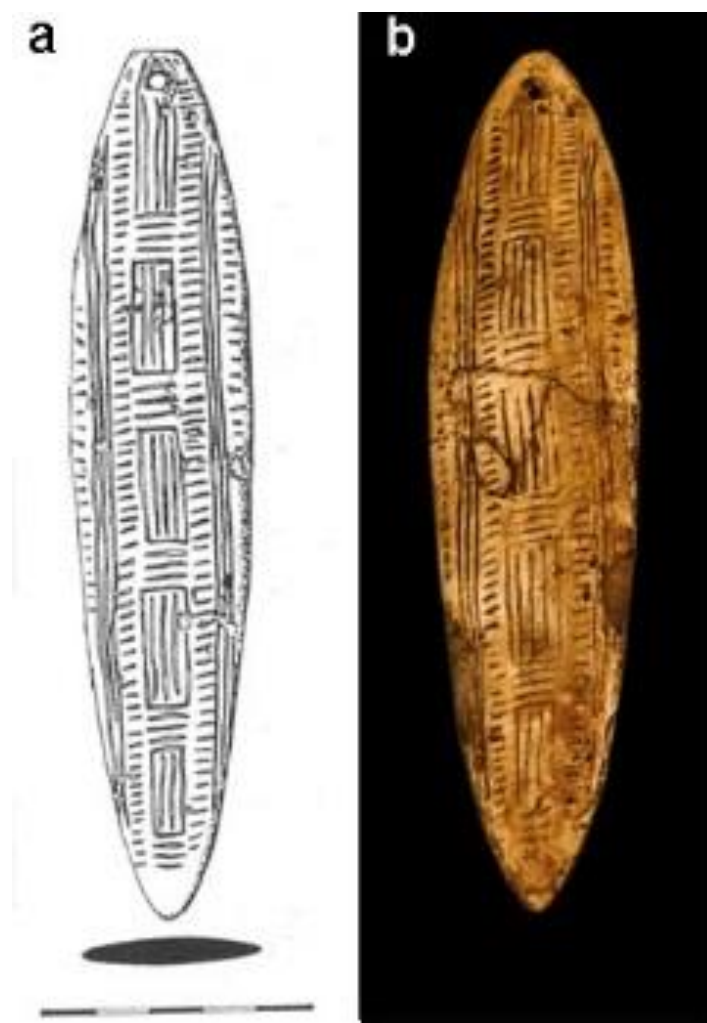


Figura 1: a. Bramadera de Dordogne. Dibujo (Barandiarán, 2012: 315); b. Bramadera de Dordogne. Fotografía. [<http://www.elpaisdealtamira.es/?p=696>]

PARALELOS ETNOGRÁFICOS

En Inglaterra y en Escocia, conocida con el nombre de *bull-roarer* o *thunder-spell*, la bramadera tenía un carácter sagrado y solía utilizarse para protegerse de las tormentas. Estuvo en uso hasta comienzos del siglo XIX. La mayor parte de las tribus de nativos de Norte América usaban estos instrumentos en sus ceremonias religiosas y de curación, aunque también podía ser utilizada como juguete para los niños. En las tribus de América del Sur, algunas culturas como la Kamayurá o la Boró usaban bramaderas, conocidas como *hori hori*, para sus rituales.

En la actualidad aún se pueden encontrar pueblos que utilizan este instrumento. En Mali, la tribu de los Dogon usa bramaderas para anunciar el inicio de las ceremonias durante el festival *Sigui*, identificándose el sonido producido como la voz del ancestro del cual todos los Dogon descienden. El caso más paradigmático se encuentra en Australia, donde los aborígenes han habitado desde hace 40.000 años sin apenas contacto con el mundo hasta la llegada de los europeos en el 1788. Estos pueblos han desarrollado tres instrumentos musicales, el *didjeridu*, el *gumleaf* y el *bull-roarer*. En la lengua inglesa el instrumento se conoce como *bull-roarer*, pero en estos territorios no hay animales como el toro, por lo que actualmente este instrumentos se denomina *secret-sacred* (secreto sagrado), nombre que no es compartido por los aborígenes, que lo nombran como churingas. El instrumento es una tabla de madera plana, de entre 300 y 400 mm de longitud y 50 o 70 mm de anchura. Al girar, producen un sonido pulsado cuya frecuencia es aproximadamente 80 Hz. El sonido que producen es muy importante en las ceremonias de iniciación aborígenes, ya que se asocia con las voces de sus antepasados (Fletcher, 2007: 66-67).

El estudio de las bramaderas australianas, realizadas en madera, ayuda sustancialmente al estudio de las bramaderas prehistóricas, época de la cual no se conservan objetos de madera. Los estudios etnográficos muestran que los objetos de madera son duplicados de los objetos de piedra, denominados la “casa del espíritu”, siendo los de madera los que se hacen sonar. Los aborígenes únicamente hacen sonar los instrumentos de piedra en contadas ocasiones, por lo que es probable que en el mundo prehistórico esto pudiese suceder igualmente (Hortelano Piqueras 2003: 80).

ANTECEDENTES EXPERIMENTALES

En 1989 Michel Dauvois publicó el artículo “Sont et musique paleolithiques” en el que hablaba de su experimentación con bramaderas. Reprodujo la bramadera de Lalinde en cuerno de reno mediante utillaje de sílex, y ésta, al aire libre, zumbaba a una frecuencia entre 130 Hz y 174 Hz. Realizó también experimentaciones con una bramadera australiana de 370 mm de longitud, que zumbaba a una frecuencia inferior, entre 90 y 150 Hz. Una reproducción de menor tamaño en hueso producía un sonido de mayor frecuencia.

En España se han realizado varias experimentaciones sobre reproducciones de bramaderas prehistóricas. En 1997, se publicó en el *Boletín de Arqueología Experimental*, nº 1, el proyecto de Iván Manzano y Raúl Maqueda “Zumbadoras en la prehistoria: reproducción experimental”, en el que, reproduciendo modelos australianos, realizaron experimentalmente bramaderas en madera de rama gruesa de eucalipto, y en hueso de costilla de bóvido. Los tamaños de las reproducciones eran diferentes, tanto en longitud como en anchura, y concluyeron que el sonido de la bramadera de madera era superior al de la de hueso, probablemente por su mayor tamaño y su menor peso (Manzano y Maqueda 1997: 8-9). En este caso, no existe una variable fija que permitiese afirmar que estas diferencias de sonido estuviesen en el tamaño, el peso o la materia prima.

En el 2003 se publicó el Trabajo de Investigación del Tercer Ciclo de Laura Hortelano Piqueras, de la Universidad de Valencia, con el nombre “Arqueomusicología: bases para el estudio de los artefactos sonoros prehistóricos”, para el cual llevó a cabo una experimentación sobre bramaderas. Realizó dos sobre hueso, escápula de oveja y escápula de vacuno, y una en madera, pino. Se determinó que la bramadera realizada en escápula de vaca tenía un sonido más grave, debido a que pesaba más y tenía un mayor tamaño (Hortelano Piquera 2003: 179-180). De la misma manera, no se estaban estableciendo variables fijas que permitiesen determinar cuáles son las variables que afectan al sonido de estos instrumentos.

En el 2002, Neville Fletcher, Alex Tarnopolsky y Joseph Lai publicaron en la revista *Innovation in Acoustic and Vibration Annual Conference of the Australian Acoustical Society*, el artículo “Australian aboriginal musical instruments – the bullroarer”, en el cual publicaron el resultado de sus experimentaciones. Su interés estaba en medir el sonido de los instrumentos y ver cómo éste dependía de las variables físicas. La principal experimentación se realizó sobre las dimensiones de la tabla, la longitud de la cuerda y la apertura del círculo de rotación, midiéndose la frecuencia del sonido en el exterior, en condiciones de quietud. Con sus experimentaciones fueron capaces de establecer una fórmula matemática con la que se puede calcular la frecuencia del sonido de una bramadera plana y rectangular, en la que W es la longitud de la bramadera y V es la velocidad de la bramadera en el aire:

$$f \cong 0.25 V^{0.9} W^{-1.3}$$

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Objetivos

- Hasta qué punto afecta la densidad de la materia prima al sonido.
- Hasta qué punto las bramaderas tienen una aplicación práctica como sistema de comunicación a corta/media distancia.

Metodología

- Primera fase de la experimentación: fabricación. Realizar cuatro bramaderas, intentando que todas tengan aproximadamente las mismas medidas. Se realizarán una bramadera en asta (nº 1), una bramadera en hueso (nº 2) y dos bramaderas en diferentes maderas (de distinta densidad: abeto, nº 3, y encina, nº 4). El proyecto se completaría con una quinta bramadera en madera de poca densidad, abeto (nº 5), cuyas medidas en tamaño serían diferentes, pero intentando que tuviese el mismo peso y la misma proporción que la bramadera de asta. En todas ellas se realizaría un agujero con las mismas dimensiones, y se les ataría el mismo tipo de cuerda de lino, con la misma longitud (1,70 m).
- Segunda fase de la experimentación: Experiencia 1. Medir el nivel de decibelios de las cinco bramaderas a una misma distancia (30 cm), intentando moverlas con la misma velocidad y fuerza.
 - Al probar las cuatro primeras se estaría comprobando cómo afecta la materia prima al sonido de la bramadera.
 - Variables fijas: Medidas de bramadera y distancia de toma de datos.
 - Variable independiente: Materia prima.

- Variable dependiente: Decibelios (potencia de sonido).
- Al probar la quinta bramadera se estaría comprobando si el peso de la bramadera afecta al sonido.
 - Variable fija: Peso.
 - Variable independiente: Tamaño.
 - Variable dependiente: Decibelios.
- Tercera fase de la experimentación: Experiencia 2. Comprobar la eficacia de cada tipo de bramadera como sistema de comunicación a corta/media distancia. Para ello, se intentaría determinar hasta qué distancia máxima se escucharía cada tipo de bramadera.
 - Variable fija: Medidas de bramadera.
 - Variable independiente: Materia prima.
 - Variable dependiente: Distancia máxima a la que se percibe el sonido de la bramadera.
- Materiales
 - Madera.
 - Tronco de madera de encina.
 - Listón de madera de pino.
 - Asta de ciervo.
 - Hueso, costilla de bóvido.
 - Cordaje de lino: 12 metros (1,70 metros para cada bramadera y 3,5 metros de repuesto)
 - Vaso medidor
- Programas informáticos y recursos técnicos
 - Programa SoundMeter
 - Programa GvSIG
 - Receptor de la marca Garmin®, modelo GPSMAP 64.
 - Cámara Canon PowerShot G-15.

PLANTEAMIENTO DE LA EXPERIENCIA

Primera fase de la experiencia: fabricación de los objetos

El interés de esta experiencia no es comprobar las técnicas prehistóricas de fabricación de bramaderas, por lo que se ha considerado beneficioso para la investigación adelantar el proceso de fabricación de las distintas bramaderas mecánicamente. Para ello, se ha extraído varillas de los distintos materiales mediante una sierra de calar compacta, y posteriormente se ha lijado mediante una lija eléctrica. A todas las bramaderas se le ha realizado un agujero con un taladro mecánico, y se le ha colocado un cordaje de lino de 1,7 m de largo.

Para extraer la bramadera nº 1 se marcó su forma en el asta con la sierra de calar compacta hasta llegar al tejido esponjoso. Se dejó la pieza en remojo durante toda una noche, y al día siguiente se extrajo la lámina clavando cuñas de sílex con un percutor de madera de encina. La pieza se perfiló con una lija eléctrica y con una lima, para darle la forma del modelo arqueológico y para elaborar un bisel. Por último, se realizó un agujero con un taladro mecánico y se colocó el cordaje de lino.



Figura 2: a. Marcando la forma de la bramadera n° 1; b. Extrayendo la lámina para bramadera n° 1

Para extraer la bramadera de hueso (n° 2) se dejó en remojo durante varios días la costilla, para poder limpiarlo con mayor facilidad de restos de carne. Posteriormente se dejó secando al aire libre durante dos días más. Se marcó su forma mediante una sierra de calar compacta, y se dejó durante una noche en remojo, para ablandarla. Al día siguiente se extrajo la pieza clavando cuñas de sílex. Se preparó la pieza con una lija eléctrica y una lima, para darle la forma del modelo arqueológico y elaborar un bisel. Por último, se realizó un agujero con un taladro mecánico y se colocó el cordaje de lino. El problema que presentó esta bramadera es que no puedo realizarse siguiendo el patrón arqueológico, ya que presentaba demasiada curvatura y uno de sus extremos era demasiado delgado.



Figura 3: Marcando la forma de la bramadera n° 2

Para conseguir la bramadera de madera de abeto (n° 3) se utilizó un listón, que se fue lijando con la lijadora eléctrica hasta darle la forma de la bramadera arqueológica, con los lados biselados. Por último, se realizó un agujero con un taladro mecánico y se colocó el cordaje de lino.



Figura 4: Lijando la bramadera nº 3

La bramadera de madera de encina (nº 4) se extrajo de tablas preparadas a partir de un tronco, y posteriormente se fue lijando hasta conseguir la forma de la bramadera arqueológica, con los lados biselados. Por último, se realizó un agujero con un taladro mecánico y se colocó el cordaje de lino. Se pesó para poder determinar gracias a ello las medidas de la bramadera de abeto de mayor tamaño (nº 5).

Para realizar la última bramadera (nº 5), en madera de abeto, se tomó el peso de la bramadera de encina y se intentó realizar una pieza con el mismo peso y las mismas proporciones, para que el resultado del experimento fuese lo más exacto posible. Todo el proceso se llevó a cabo con una lija eléctrica, para darle la forma arqueológica y los lados biselados. Por último, se realizó un agujero con un taladro mecánico y se colocó el cordaje de lino.



Figura 5: Pesando bramadera de encina nº 4

Tomamos entonces todas las medidas de las bramaderas (longitud x anchura x profundidad), así como el peso exacto de las mismas (Fig. 5). Al mismo tiempo, calculamos la densidad del asta de ciervo y del hueso de bóvido mediante un vaso medidor y agua. Los resultados se recogen en la Tabla 1.



Figura. 6: Bramadera nº 1: Asta de ciervo



Figura 7: Bramadera nº 2: Hueso de vacuno



Figura 8: Bramadera nº 3: Madera de abeto



Figura 9: Bramadera nº 4: Madera de encina



Figura 10: Bramadera nº 5: Madera de abeto – grande

Segunda fase de la experiencia:

En esta parte de la experimentación se pretende comprobar la potencia de sonido de cada bramadera, en función del tamaño y de la materia prima. Para ello se han medido los decibelios emitidos por cada bramadera con el programa *SoundMeter* desde una distancia fija de 30 cm. La realización de la experimentación se ha llevado a cabo en un entorno con el mínimo nivel de sonido ambiente. Los resultados se han recogido en la Tabla 1.

Tercera fase de la experiencia:

En esta fase de la experimentación se ha intentado comprobar la hipótesis de que las bramaderas podrían haber sido utilizadas como instrumentos de comunicación a corta/media distancia. Para ello, nos hemos desplazado a un ambiente natural en el que apenas hay presencia humana y ruidos antrópicos, la Dehesa de Navalvillar (Colmenar Viejo).

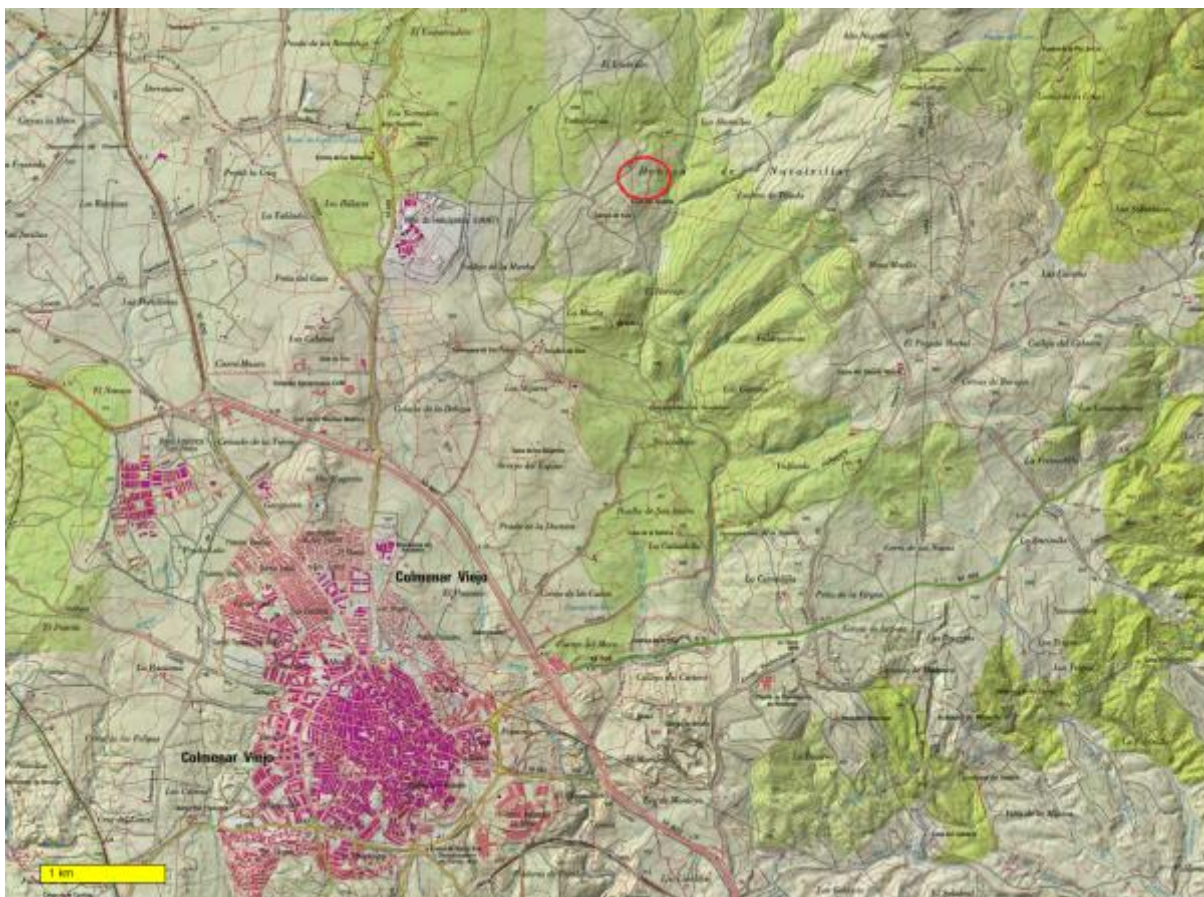


Figura 11: Localización de la Dehesa de Navalvillar, Colmenar Viejo (Visor online SIGPAC [http://sigpac.mapa.es/fega/visor/])

Para llevar a cabo la experimentación, una persona ha hecho girar las bramaderas, mientras que otra se iba alejando progresivamente, hasta alcanzar la distancia en la que el sonido de las bramaderas era apenas audible. Con un receptor GPS³, se han marcado dos puntos durante cada experimentación: uno en el cual el sonido únicamente era audible en condiciones muy tranquilas y si se está escuchando, y un segundo en el que el sonido de la bramadera es perfectamente audible. Durante el proceso la misma persona ha hecho girar las bramaderas, para no variar la velocidad del giro, y la misma persona ha realizado las escuchas. Los resultados se han registrado en la Tabla 2.

³ Todas las mediciones de coordenadas han sido realizadas con un receptor GPS/GLONASS dotado del sistema de corrección de señales SBAS (Satellite Based Augmentation System) del tipo EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), lo cual ha permitido realizar las mediciones con un rango de error de ± 3 metros. El receptor fue calibrado con el sistema geodésico de referencia WGS 84.



Figura 12: Haciendo sonar la bramadera nº 3 en la Dehesa de Navalvillar

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Experimentación 1

Analizando los resultados proporcionados por la experimentación con las bramaderas de distintas materias primas, pero con las mismas dimensiones aproximadas (nº 1-4), hemos determinado que la materia prima y sus diferencias de densidad afectan a la intensidad del sonido. Así, la bramadera de asta tiene una mayor potencia, seguida de la bramadera de hueso, de la de encina y en último lugar, de la de abeto. Cuando modificamos la variable tamaño, descubrimos que las dimensiones se convierten en el factor determinante de la potencia de sonido. Así, la bramadera de madera de abeto (nº 5), de mayores dimensiones y de peso aproximado a la bramadera de asta, tiene una potencia de sonido superior, a pesar de que su densidad es mucho menor.

	Materia prima	Dimensiones en mm. (LxAxG)	Peso en g	Densidad kg/dm ³	Intensidad del sonido (dB)
1	Asta de ciervo	153,5x27,95x4,67	21,5	1,535	76
2	Hueso de vacuno	148,47x27,37x4,4	19,2	1,6	75
3	Madera abeto	153,6x28,18x4,98	6,28	0,450	65
4	Madera encina	154,23x30,49x4,66	14,47	0,9	70
5	Madera abeto (Grande)	247,2x43,4x6,33	23,4	0,450	79

Tabla 1. Resultados de las distintas mediciones realizadas sobre las bramaderas

Experimentación 2

Con la segunda experimentación queríamos determinar si la distancia de audición del sonido producido por cada bramadera tenía que ver con su materia prima, y por tanto su densidad. Realizando la experimentación con las cuatro bramaderas de similar tamaño y distinta materia prima (nº 1-4), se ha determinado que la materia prima con mayor densidad genera un sonido perceptible a mayor distancia.

Al mismo tiempo, al probar la bramadera de diferente tamaño (nº 5) se ha constatado que la variable tamaño es el factor principal en la distancia a la que se percibe el sonido de cada bramadera. A pesar de tener la misma densidad que la bramadera de abeto pequeña, y un peso similar a la de asta, el sonido producido por esta bramadera alcanza una distancia más de cuatro veces mayor que la primera, y más del doble que la segunda.

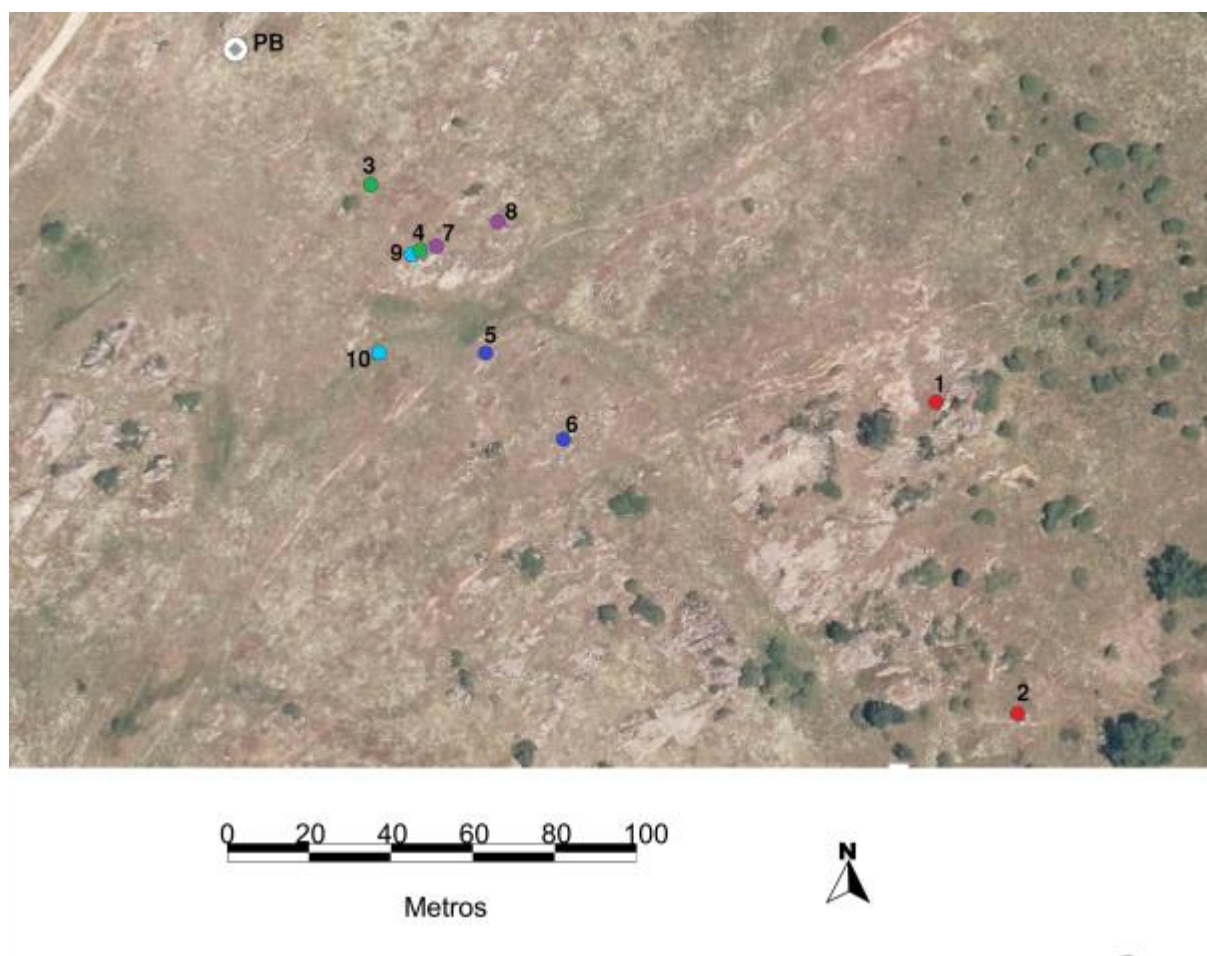


Figura 13: Puntos audibles y apenas audibles de cada bramadera (Rojo: Madera abeto grande; verde: madera abeto; azul oscuro: asta de ciervo; morado: encina; azul claro: hueso de vacuno)

	Nombre	Coordenadas (UTM)	Distancia PB ⁴
PB	Punto Base	30T - 437126/ 4505932	0 m
1	Madera abeto (Grande): Audible	30T - 437297/ 4505846	192 m
2	Madera abeto (Grande): Apenas audible	30T - 437317/ 4505770	251 m
3	Madera abeto: Audible	30T - 437159/ 4505899	47 m
4	Madera abeto: Apenas audible	30T - 437171/ 4505883	67 m
5	Asta de ciervo: Audible	30T - 437187/ 4505858	96 m
6	Asta de ciervo: Apenas audible	30T - 437206/ 4505837	124 m
7	Encina: Audible	30T - 437175/ 4505884	69 m
8	Encina: Apenas audible	30T - 437190/ 4505884	77 m
9	Hueso de vacuno: Audible	30T - 437169/ 4505882	66 m
10	Hueso de vacuna: Apenas audible	30T - 437161/ 4505858	82

Tabla 2. Resultados de la Experimentación 2.

CONCLUSIONES

Los resultados de estas experimentaciones nos han permitido comprobar que el factor determinante tanto en la intensidad del sonido como en distancia de audición es el tamaño de la bramadera, independientemente de su peso. Esto es así ya que la bramadera de abeto de mayor tamaño, con un peso muy similar a la bramadera de asta, ha proporcionado unos resultados muy diferentes: una mayor potencia de sonido y una mayor distancia de audición, a pesar de su menor densidad.

Dentro de las bramaderas de similar tamaño y diferente materia primera, y por tanto densidad, se ha determinado que la bramadera de asta de ciervo produce un sonido más potente y perceptible a mayor distancia que el resto de bramaderas, debido a su mayor densidad. A ésta le sigue por orden la bramadera de hueso de vacuno, la bramadera de madera de encina y, por último, la bramadera de madera de abeto.

Con todo ello, podemos determinar que la intensidad del sonido y la distancia a la que éste es audible está directamente relacionada en primer lugar con el tamaño, y posteriormente con la densidad. Consideramos que la bramadera podría haber sido utilizada como sistema de comunicación, siempre y cuando ésta presente un tamaño igual o mayor que nuestra bramadera nº 5, ya que los resultados obtenidos con el resto (nº 1-4) demuestran que su uso en comunicación está demasiado restringido a distancias muy cortas. Quizá las bramaderas de menor tamaño estuviesen limitadas a ceremonias rituales o a ahuyentar a los animales, como han demostrado paralelos etnográficos, mientras que las de mayor tamaño pudieran estar relacionadas con un primitivo sistema de comunicación a distancia.

Creemos necesario mencionar que las diversas limitaciones en este trabajo han podido sesgar en mayor o menor medida los resultados obtenidos. En primer lugar, no se han podido conseguir bramaderas de formas exactas al modelo arqueológico, ya que cada soporte presentaba unas características propias que han supuesto trabas evidentes para conseguir este objetivo.

⁴ Los cálculos de distancias han sido realizados dentro de un entorno SIG (gvSIG). Para ello se han empleado las ortofotos de máxima resolución del Centro Nacional de Información Geográfica en las cuales se han señalado las coordenadas de los puntos tomados con el receptor GPS (Fig. 13)

Durante la segunda experimentación se debe mencionar que la orografía fue también un factor determinante en la percepción del sonido, que se trató de paliar intentando mantener siempre el contacto visual entre los dos miembros del equipo, ya que al interponer obstáculos, como afloramientos rocosos, el sonido dejaba de percibirse. Por último, se debe mencionar que los puntos de audición medidos están determinados por la persona que los ha tomado, por lo que son una referencia aproximada que podrá variar según la persona que realice la experimentación.

Por todo ello, creemos que este trabajo debe complementarse con otras experimentaciones, que incluyan el uso de bramaderas de distinta materia prima y de mayor tamaño, que permitiesen comprobar todas las hipótesis relacionadas con el tamaño que proponemos en nuestras conclusiones.

BIBLIOGRAFÍA

- BARANDIARÁN, I. (1971): "Bramaderas en el Paleolítico Superior peninsular". *Pyrenae* 7: 7-18.
- DAUVOIS, M (1989): "Son et musique au Paléolithique". *La musique dans l'Antiquité. Dossiers d'Archéologie* 142: 2-11.
- FLETCHER, N. H. (2007): "Australian aboriginal musical instruments: the didjeridu, the bullroarer and the gumleaf". *Journal of ITC Sangeet Research Academy* 21: 61-75.
- FLETCHER, N. H.; TARNOPOLSKY, A. Z. y LAI, J. C. S. (2002a): "Rotational aerophones". *J. American Acoustic Society* 111: 1189-1196.
- FLETCHER, N. H.; TARNOPOLSKY, A. Z. y LAI, J. C. S., (2002b): "Australian aboriginal musical instruments – the bullroarer". *Acoustic Innovation in Acoustics and Vibration Annual Conference of the Australian Acoustical Society*. Annual Conference of Australian Acoustical Society. 15-13 November 2002. Adelaide. Australia: 186-189. [Recurso electrónico] Fecha de acceso: 24 de noviembre de 2014.
http://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/AAS2002/AAS2002/PDF/AUTHOR/AC020063.PDF
- GREGOR, T. (1987): *Anxious Pleasures: The Sexual Lives of an Amazonian People*. University of Chicago Press: Chicago.
- HORTELANO PIQUERAS, L (2003): *Arqueomusicología: bases para el estudio de los artefactos sonoros prehistóricos*. Trabajo de Investigación de Tercer Ciclo. Universitat de Valencia. [Recurso electrónico] Fecha de acceso: 24 de noviembre de 2014.
<http://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/26300/ArqueomusicologiaLHP.pdf?sequence=1>
- JERRAM, L. y NIEMAN, A. (2008): *School workshop toolkit. Part two: Vibration and Sound*. University of Salford and University of Southampton. [Material didáctico inédito]. Fecha de acceso: 19 de noviembre de 2014.
http://www.acoustics.salford.ac.uk/schools/vibration_sound_schools_workshop_toolkit.pdf
- MANZANO, I. y MAQUEDA, R. (1997): "Zumbadoras en la Prehistoria: Reproducción experimental". *Boletín de Arqueología Experimental* 1: 6-9.
- RUBIO, I. (1992): "Instrumentos musicales en la prehistoria: el Paleolítico". *Boletín de la Asociación de Amigos de la Arqueología* 32: 2-11.
-