

Aplicaciones del 3D en cerámica prehistórica de contextos arqueológicos gallegos: Un estudio sobre percepción visual

D. J. Irujo-Ruíz (*)

M. P. Prieto-Martínez (**)

Laboratorio de Arqueoloxía da Paisaxe, Instituto de Estudos Galegos Padre Sarmiento (CSIC-XuGa)

(*) Titulado Superior contratado como parte del I3P Programa financiado por el Fondo Social Europeo

(**) Doctora contratada como parte del I3P Programa financiado por el Fondo Social Europeo

RESUMEN

El objetivo de esta comunicación es presentar una investigación sobre cerámica prehistórica desde un punto de vista de la percepción visual, utilizando como herramienta de trabajo su reconstrucción virtual en 3D, y realizando un análisis de visibilidad partiendo de las 'elecciones socialmente pertinentes' implicadas en los procesos de producción alfareros desde los planteamientos de la Arqueología del Paisaje.

La potencialidad de este estudio tiene dos vertientes igualmente interesantes, la divulgación y la investigación. Nos centraremos en esta última.

Dado que entendemos la cerámica como un producto social que se materializa de forma espacial, podemos definir sus condiciones de visibilidad 'extendiendo una mirada' sobre los elementos que la componen. Por lo tanto, si otros elementos de cultura material, como el paisaje social, responden a estrategias de visibilidad diferentes, es coherente pensar que la cerámica también responde a una 'voluntad de visibilidad' acorde con el ser social.

La forma de llevar a cabo esta investigación consiste en extender una 'mirada metodológica' (desde el presente) a la cerámica con la intención de descubrir cuáles son los elementos formales que provocan una visibilidad mayor o nula en los productos finales.

Partimos de la hipótesis de que existe una intencionalidad social en las elecciones técnicas de las diferentes fases de producción cerámica, y esta intencionalidad presenta un efecto visual que está vinculado con las estrategias de visibilidad de esas sociedades. Si esto es así las estrategias de visibilidad pueden contribuir a caracterizar los estilos cerámicos de los diferentes períodos prehistóricos.

Consideramos que la restitución en 3D es una herramienta muy útil porque nos permite reconstruir los recipientes, que en los contextos gallegos aparecen siempre muy fragmentados. Esta herramienta nos permite visualizar los objetos completos ofreciéndonos la oportunidad de contrastar nuestras hipótesis sobre la visibilidad de dichos objetos. Se utilizan varios programas informáticos: Strata Studio CX (para realizar los renderizados), Adobe Illustrator (cortes/dibujo vectorial) y Photoshop (texturas y retoque fotográfico), que permiten la reproducción virtual de los recipientes en tres dimensiones.

Mostraremos con diversos ejemplos 3D, de recipientes seleccionados de yacimientos gallegos (NW de la Península Ibérica), de la Prehistoria Reciente

(Neolítico Inicial/Medio, el Neolítico Final, la Edad del Bronce Inicial y la Edad del Bronce Final) el qué, cómo y por qué de los rasgos visuales.

La cerámica es una representación espacial de la sociedad que la produce, expresando las transformaciones en los patrones de racionalidad. Partiendo del supuesto de que las continuidades formales son tan importantes como los cambios o rupturas formales, y de que éstas provocan transformaciones en la visibilidad cerámica, intentamos descubrir si a través de la visibilidad podemos complementar nuestro conocimiento de la cerámica como materialización del ser social.

Palabras Clave

Restitución en 3D, Cerámica, Percepción visual, Mirada, Análisis de visibilidad, Prehistoria Reciente, Galicia

Abstract

3D applications in prehistoric pottery of Galician archaeological contexts. A study on visual perception

The purpose of this communication is to present an investigation project carried out into prehistoric pottery from the perspective of visual perception, using a virtual reconstruction in 3D to do so, and carrying out a visibility analysis based on the 'socially relevant choices' involved in pottery production processes based on the tenets of Landscape Archaeology.

This study is of equal interest in two areas: disclosing information and research. We will focus on the latter.

As we understand pottery to be a social product that is materialised in a spatial manner, we may define its visibility conditions by 'casting a glance' over the elements of which it is comprised. Therefore, if other elements of material culture, such as the social landscape, respond to different strategies of visibility, it is logical to believe that pottery also responds to a 'wish for visibility' in line with the social being.

This research involves casting a 'methodological glance' (from the present) over pottery, with the aim of discovering which are the formal elements that lead to greater or null visibility in the final products.

We base this research on the hypothesis that there is a social intention in the technical choices of the different stages of pottery production, and that this intention has a visual effect linked to the visibility strategies of these societies. If this is the case, then the visibility strategies may contribute towards characterising the ceramic styles of different prehistoric periods.

We believe that making 3D reconstructions is a useful tool, as it allows us to rebuild pottery which in Galician contexts always appears in a highly fragmented state. This tool allows us to visualise complete objects, giving us the opportunity to contrast our hypotheses regarding their visibility. Three computer programmes were used in the process: Strata Studio CX (for rendering in 3D), Adobe Illustrator (sections/drawings) and Adobe Photoshop (textures and photo retouching), making it possible to present a virtual reconstruction of the pottery in 3D.

We offer different examples in 3D of pottery taken from sites in Galicia (in the north western Iberian Peninsula) from Late Prehistory (Early-Mid Neolithic, Late Neolithic, Early Bronze Age and Late Bronze Age), with explanations of their visual features.

Pottery is a spatial representation of the society that produces it, expressing transformations in patterns of rationality. Starting out from the hypothesis that formal continuity is as important as formal changes or breaks, and that these lead to transformations in the visibility of pottery, we attempt to discover if we may use this visibility to increase our knowledge about pottery as a materialisation of the social being.

Keywords

3D reconstruction, Pottery, Visual Perception, Observation, Visibility Analysis, Late Prehistory, Galicia

1. INTRODUCCIÓN

La realidad de los yacimientos gallegos arroja una casi práctica ausencia de recipientes completos o en su defecto con una porción significativa de superficie útil intacta. Esta casuística, presente en todos los elementos de cultura material, hace que, en el caso particular de la cerámica, resulte muy complicada la reconstrucción de dichos elementos a partir de los fragmentos.

Ante esta problemática se vuelve imperiosa la necesidad de buscar rutas alternativas o simplemente encontrar entre las herramientas disponibles, las que en cierta medida palien esta problemática y nos permitan hacer una reconstrucción de ese elemento, que de otra forma resultaría imposible realizar. Esto nos posibilita, a su vez, para alcanzar una serie de objetivos, que son la fuente generadora de todo el proceso, dentro de los planteamientos de la Arqueología del Paisaje.

Nuestro **objetivo** es presentar los resultados de nuestra investigación, haciendo visible una de las herramientas de trabajo utilizadas, en este caso software de renderizado en 3D, que se ha mostrado muy útil para enseñar, exhibir y hacer comprensible esta investigación.

Los **planteamientos** de los que partimos son básicamente dos:

(*) Consideramos que las formas en las que una sociedad comprende el mundo se expresan, en parte, a través de sus productos materiales. Estos productos son una representación de cómo se percibe esa sociedad a sí misma y de cómo quiere ser percibida desde fuera. Por esta razón, creemos que la percepción, además de ser un constructo mental (Rock, 1985: 3), es un constructo cultural y social, por lo tanto, está condicionada por factores tanto fisiológicos como sociales. Debemos destacar, además, que la percepción visual es nuestra primera herramienta de aproximación al registro arqueológico, por ello, cobra una mayor importancia para este trabajo.

(**) Y dado que, la cerámica es un producto social que se materializa de forma espacial, podemos definir cuáles son los elementos que incrementan o reducen su apariencia llamativa, es decir, sus condiciones de visibilidad. Así, concebimos la visibilidad como "la forma de exhibir y destacar los productos de la cultura material que reflejan la existencia de un grupo social. Dado que los efectos se reflejan espacialmente, podemos definir las condiciones de visibilidad del registro arqueológico extendiendo una 'mirada' sobre los elementos que lo componen que

intenta determinar el qué, cómo y por qué de sus rasgos visuales" (Criado, 1991: 23).

Como consecuencia de estos planteamientos proponemos la **hipótesis** de que la voluntad de visibilidad varía según el tipo de sociedad que estudiamos, y por lo tanto, la forma de representar la cultura material y las estrategias de hacerla visible cambian en función del patrón de racionalidad de estas sociedades.

Así, mirar la cerámica con una metodología comparativa y sistemática y en un sentido diacrónico, durante un periodo de tiempo prolongado, de unos 3.500 años de Prehistoria Reciente de Galicia, nos facilitará descubrir las transformaciones en la voluntad y las estrategias de visibilidad en cada periodo. En este trabajo nos centraremos en este punto con un viaje en 3D a lo largo del tiempo.

2. Metodologías

Tanto la reconstrucción en 3D como su aplicación a la cerámica no es novedoso, ya desde finales de los años ochenta y principios de los años noventa del siglo pasado su aplicación está en auge, y prueba de ello son los diferentes congresos dedicados a este tema, y en concreto destacamos el *Computing Applications in Archaeology (CAA)*, y el *Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage Symposium (VAST)*, en los que se muestran las diferentes preocupaciones de la investigación, incluyendo por supuesto, la cerámica arqueológica. Por lo tanto, creemos que es una herramienta de trabajo muy útil para la arqueología, como se ha venido demostrando en múltiples publicaciones y foros de debate como éstos porque, que nos permite reconstruir los recipientes, que en los contextos gallegos aparecen siempre muy fragmentados, y nos facilita visualizar los objetos completos ofreciendo la oportunidad de contrastar nuestras hipótesis, siendo ésta casi la única forma de poder hacerlo, por lo menos con un cierto sentido de coherencia práctica. A la hora de realizar la reconstrucción de un recipiente en 3D tenemos que considerar la información disponible de las piezas antes de hacer una selección definitiva. Aunque el protagonista de esta metodología es el objeto en sí mismo, y es éste el que nos tiene que aportar la información para su reconstrucción (seleccionamos las piezas que además presentan pastas con el mejor estado de conservación posible para realizar una reconstrucción fiable), creemos que es necesario hacer un estudio previo de la cerámica del yacimiento, siendo prioritario reconstruir piezas bien contextualizadas en su propia realidad arqueológica.

Hasta el momento hemos realizado sesenta y siete reconstrucciones en 3D: ocho del Neolítico Inicial y Medio (NI/M), trece del Neolítico Final (NF), treinta y siete de la Edad del Bronce Inicial (EBI) y nueve de la Edad del Bronce Final (EBF), los periodos que presentan una mayor variabilidad son los que necesitan un mayor número de reconstrucciones, por esa razón hemos realizado un número mayor de reconstrucciones en el Bronce Inicial.

Es importante resaltar el trabajo interdisciplinar entre el dibujante, el informático y el arqueólogo para conseguir el efecto más realista posible de la pieza.

Las fases de trabajo para la reconstrucción se definen seguidamente. Un trabajo preliminar sobre este tema fue presentado en la CAA2005 (Irujo y Prieto, 2005).

2. 1. DOCUMENTACIÓN Y ANÁLISIS GRÁFICOS

Las técnicas que se vienen utilizando para resolver de forma automática la reconstrucción de fragmentos se basa en diversos métodos. Uno de ellos, consiste en el análisis de la curva de ruptura, que se realiza a partir de aproximaciones Bayesianas (modelos probabilísticos multivariados que relacionan un conjunto de incertidumbres, ver Wikipedia, 2005a) a dichas curvas, a través del eje y el perfil (Willis y Copper *et alii*, 2002). Para una incursión más profunda en la formulación Bayesiana y en los modelos de superficies 3D estocásticas aconsejamos acudir a la tesis de doctorado de Willis (2004). Otro de los métodos consiste en la resolución del problema del rompecabezas en dos tiempos, primero resolviendo el problema en dos dimensiones a través de un algoritmo de detección de puntos de coincidencia para la unión de pares de candidatos a partir de fragmentos adyacentes (por ejemplo, el propuesto por Leitao y Stolfi (2002) y después, desde un punto de vista global, aplicando transformaciones tridimensionales adecuadas para recuperar la tridimensionalidad de las formas (Kong y Kimia, 2001).

En el caso de que los objetos estuviesen completos, se puede utilizar la técnica descrita por Sablatning, Tosovic y Kampel (2002), que consiste en combinar dos métodos, para que uno subsane las carestías o imperfecciones del otro. Ambos métodos, basados en obtener la forma a partir de la silueta y a partir de la luz estructurada (SfS y SfL en el original), consisten en coger una secuencia de imágenes a partir de múltiples vistas del objeto. La silueta del objeto corresponde a un volumen cónico en el espacio del mundo real del objeto. Se puede generar un modelo 3D a partir de la intersección de los volúmenes cónicos de todas las vistas.

Para descubrir las concavidades que no son visibles desde ninguno de los puntos de vista y no se pueden resolver con este método, se utiliza de forma complementaria el segundo método (SfL). En cualquiera de estos métodos se utiliza escáner 3D, lo que, por un lado, es una solución ideal dada la gran fiabilidad y resolución de estos aparatos, pero por otro lado, se acaba convirtiendo en nuevo problema a la hora de elegir la correcta orientación de la pieza. Ésta sigue siendo una de las tareas principales que ha de ser realizada por el arqueólogo en el proceso de clasificación, ya que a veces no basta con utilizar una bordímetro (Kampel y Melero, 2003), sino que es necesario encontrar el plano que contiene al borde, para así colocar el fragmento de forma que el plano esté en posición horizontal, para esto hay soluciones de todo tipo, generalmente las estadísticas, siendo un buen ejemplo el trabajo expuesto por Melero, Torres y León (2003) que se basa en la utilización de un algoritmo genético para determinar la forma correcta de elegir la orientación adecuada de la pieza. Se puede consultar otra síntesis en Melero, León y Torres (2003).

Para este presente trabajo, se utiliza una aproximación totalmente manual, es decir, una interacción total Arqueólogo-Dibujante-Informático para que, al reconstruir la pieza a partir de la información arqueológica, el resultado esté totalmente constreñido al control humano. Esta ausencia de necesidad de recurrir a las soluciones tecnológicas, como las descritas con anterioridad, nos viene dada en este caso por las dimensiones del estudio, que no dejan de ser razonables.

Son cinco las fases principales necesarias a realizar con el material antes de su reconstrucción en 3D (ver figura 1), utilizaremos como ejemplo la pieza procedente del yacimiento de Requeán (González, 2000).

2.1.1. Fotografía de los fragmentos

Las fotografías son una información imprescindible para reconstruir las pastas (texturas, colores, acabados) y la decoración (técnicas, forma de las improntas, tamaños), por lo cual es importante que éstas sean de buena calidad, como todo lo que ello implica (correcta iluminación, correcta disposición del panel a fotografiar, correcta elección del fondo croma, adecuada calibración de los perfiles ICE de las cámaras, etc).

2.1.2. Dibujo arqueológico

En primer lugar, se lleva a cabo la selección de aquellos fragmentos que permiten una reconstrucción fiable del recipiente, al menos debe haber información acerca

del diámetro de la pieza, y el perfil debe aportarnos una concepción clara de la morfología global de la misma.

2.1.3. Reconstrucción del perfil

En segundo lugar, se reconstruye la morfología completa en 'Autodesk Autocad', teniendo en cuenta la información del dibujo. Si el recipiente está incompleto, se consideran las proporciones altura-anchura a partir de nuestro conocimiento de la cerámica del período, sobre todo en lo que se refiere al remate del borde y al fondo de los recipientes.

2.1.4. Reconstrucción de la decoración

Cuando la decoración está presente, se reconstruye un esquema del diseño si el patrón decorativo es predecible.

2.1.5. Reconstrucción del cacharro

Finalmente se combina la información anterior, reconstruyendo de manera íntegra el recipiente, esta reconstrucción gráfica proporcionará la idea básica de la globalidad del recipiente.

[FIGURA 1]

2.2. DESDE LA INFORMÁTICA: RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL

Así pues, en este apartado detallaremos las fases de trabajo llevadas a cabo para obtener una reconstrucción en 3D de un recipiente cerámico (ver figuras 2 a 18), continuaremos utilizando como ejemplo la misma pieza. Cabe destacar que aunque existen otras herramientas que nos posibilitan la realización de estos trabajos, nuestra elección se ha basado en criterios de sencillez, ya que la curva de aprendizaje de manejo resulta muy suave y con poco esfuerzo se empiezan a obtener resultados más o menos vistosos y funcionales.

En esta fase se parte de la reconstrucción del perfil realizada en 'Autodesk Autocad'.

Desde el 'Adobe Illustrator' se procede a cerrar las curvas que conforman el corte o perfil de la pieza. Se rellenan de color, se afinan las curvas y se reduce el número de puntos que conforman las mismas, transformando la 'polilínea' original en curvas 'bezier' para lograr el suavizado de las mismas. Esto plantea un pequeño inconveniente, dado que ya no podemos utilizar el formato de archivos 'Autodesk DXF' como formato de intercambio, al no soportar éste las curvas 'bezier', se optó

por exportar en formato 'Adobe EPS' para poder importar el perfil dentro del programa de renderizado.

Una vez terminada la preparación del perfil en 'Adobe Illustrator', pasamos al motor de renderizado que, en este caso, es el 'Strata 3D CX'. A partir del perfil importado y gracias a la presunción de simetría cilíndrica obtenemos por revolución la malla 3D (3D Mesh) inicial correspondiente a la pieza, tras un escalado se procede a realizar un suavizado de la misma. Hay trabajos orientados a solventar la asimetría de las cerámicas con una finalidad tipológica, por ejemplo el de Adler *et alii* (2001) o Mara *et alii* (2004), donde el eje de rotación más apropiado puede determinarse a partir de los datos del 3D y se pueden deducir muchas líneas de perfil usando secciones a través de los ejes de simetría mejores. Si bien estos cálculos solventan la dificultad de la asimetría calculando las imperfecciones de las piezas, se basan en piezas completas, que aportan la información necesaria para realizar dicho cálculo, pero esta situación es muy excepcional en el caso gallego.

En esta fase se añaden elementos propios de la pieza no heredables de la simetría, como pueden ser asas, bordes, mamelones, etc.

Tras este proceso mínimo de modelado, se pasa a determinar las condiciones de renderizado, como pueden ser, la posición de la pieza en el escenario, la iluminación, la elección de la cámara, etc. Se realiza un renderizado frontal para obtener una máscara de contorno que permita posibilitar la creación de las texturas con la forma adecuada. Desde el 'Adobe Photoshop', creamos una serie de elementos que van a configurar el texturizado de la pieza: Colour Map, Stencil Map y Bump Map.

- Para el *Color Map*, tenemos que partir de las fotografías de los fragmentos, se monta una textura a partir de las imágenes de las pastas, utilizando como máscara de recorte el primer renderizado de la pieza.
- Para el *Stencil Map*, utilizamos directamente el primer renderizado frontal de la pieza, dejando en blanco la zona de la pieza en la que pretendemos aplicar la textura y en negro la zona sin texturizar.
- Y para el *Bump Map*, necesario sólo en el caso de que la pieza tenga decoración que implique relieve, vamos a empezar dibujando dichos motivos decorativos en el 'Adobe Illustrator'. Una vez que están debidamente encajados en la máscara de recorte procedemos a su suavizado por medio de un 'filtro Blur' para evitar la dureza de los rasgos decorativos. El mapa de Bump es una técnica en la que se utiliza una imagen para añadir

perturbación (relieve) a la superficie normal antes de que se haga el cálculo de las iluminaciones. El resultado es una superficie más rica en detalles que se aproxima más a la realidad (Wikipedia, 2005b; Blinn, 1978).

Con estos tres mapas básicos se compone la textura de la pieza. Dada la idiosincrasia de la cerámica resulta a todas luces innecesaria la aplicación de 'Glow Maps', o de 'Reflect', o de otros tipos de mapas. Al ser un material que no refleja la luz (como puede ser el caso de otros materiales como el metal o el vidrio, ver un ejemplo de reconstrucción de una pieza de vidrio por *La Commission du vieux Paris*) no es necesario utilizar mapas más complejos para las texturas. El mapeado de texturas es el método por el cual se añade una imagen a una malla adaptándose la primera a la forma de la segunda para añadirle realismo al renderizado. Esto reduce la cantidad de cálculos necesarios para crear las formas y las texturas de la escena (Wikipedia, 2005c; Cook, Carpenter y Catmull, 1987).

La textura finalizada, se aplica a la pieza, adecuándola a la disposición de ésta, orientándola de forma conveniente al ángulo elegido para el renderizado. Seleccionamos la técnica de renderizado más adecuada a las necesidades de cada caso. Las más adecuadas para cada tipo de trabajo son:

- 'Radiosity™', para obtener acabados de mejor calidad a costa de largos tiempos de renderizados. Éste fue el primer método de renderizado 3D que a diferencia de Ray-tracing ofrece una solución viable a las interacciones difusas en oposición a la reflexión especular. Utiliza el método de la iluminación global, que tiene en cuenta no sólo la luz que ha tomado el camino directo entre la fuente de emisión y el objeto (iluminación directa), sino también la luz que ha experimentado reflexiones en otras superficies (iluminación indirecta) (Wikipedia, 2005d; Wikipedia, 2005e).
- 'Ray-tracing', con resultados más pobres pero de rápida obtención, ideal para generar animaciones y películas 'Apple QuickTime VR'. Éste es un método de renderizado 3D realista que consiste en trazar el camino seguido por un rayo de luz a través de la escena, calculando reflexiones, refracciones o absorciones del rayo cuando este incide con un objeto. La popularidad de este método con respecto a otros se debe a la facilidad que tiene de implementarse y de producir gráficos impresionantes (Wikipedia, 2005f; Glassner, 1989).

Una vez completado el proceso de renderizado con el producto o productos obtenidos, se realiza el montaje y el acabado final en el 'Adobe Photoshop'.

[FIGURAS 2-18]

2.3. DESDE LA ARQUEOLOGÍA: EVALUACIÓN DE LO INVISIBLE Y LO VISIBLE

Las reconstrucciones en 3D son utilizadas como ejemplos muy próximos a la apariencia física de los recipientes, y nos sirven como prototipos para mostrar la voluntad de hacer muy visible o muy poco visible estos objetos.

Para evaluar el grado de visibilidad de un recipiente es necesario definir los rasgos formales que lo caracterizan, y que son la consecuencia de utilizar una técnica de fabricación concreta en una cadena de producción de un objeto (definido de manera preliminar en Prieto, 2005). Estos rasgos se definen comparando cual es el efecto visual de la elección de unas técnicas en vez de otras en cada fase de fabricación.

En la tabla 1 señalamos cuáles son los rasgos considerados en este estudio y que proporcionan un mayor o menor impacto visual en un producto cerámico acabado y en la tabla 2 mostramos el listado de yacimientos que nos han proporcionado los recipientes que hemos reconstruido virtualmente.

Así, si tenemos en cuenta las dimensiones y los perfiles, el refinamiento de las texturas y los acabados, la brillantez y el tono de los colores, y los diferentes aspectos de la decoración (como el tamaño de los diseños, la profundidad con la que se aplican los instrumentos, el lugar que ocupan en la superficie del cuerpo, etc), podremos evaluar si hay intencionalidad en hacer un recipiente muy visible o poco visible.

[TABLA 1]

[TABLA 2]

3. ANÁLISIS

Si consideramos que existe una intencionalidad social en las elecciones técnicas de las diferentes fases de producción cerámica, y esta intencionalidad presenta un efecto visual que está vinculado a la voluntad de visibilidad de esas sociedades, debería ser posible mostrarlo visualmente con ayuda de las herramientas 3D.

Así que, seguidamente, ilustraremos con diversos ejemplos de recipientes en 3D las cuatro estrategias de visibilidad registradas: inhibición, ocultación, exhibición y monumentalización. La terminología utilizada parte de los conceptos que, desde la Arqueología del Paisaje, son definidos para los paisajes sociales (Criado 1993), siendo adaptados y redefinidos a las dimensiones y características del elemento de cultura material que aquí tratamos (Prieto, 2005).

Somos conscientes de que, en esta investigación, nuestra percepción es *metodológica* (Cobas, 2002), y desde nuestro presente. En cierto modo, es inevitable que nuestro análisis sea presentista, porque partimos de 'nuestra lógica' para caracterizar cuáles son los rasgos que hacen que un objeto sea más llamativo o menos llamativo. Aunque puede ser muy útil para nuestro trabajo hacer analogías antropológicas, éstas deben entenderse con mucha cautela, dado que las sociedades antropológicas actuales o están muy contaminadas por la sociedad occidental o no son exactamente las mismas que las sociedades prehistóricas que estudiamos.

2.3.1. INHIBICIÓN

La *inhibición* implica una falta de interés en destacar u ocultar conscientemente los productos sociales como tales productos, es decir, no hay una intencionalidad de producir recipientes especiales, y las técnicas utilizadas consiguen recipientes poco visibles.

Son recipientes de perfiles simples, de tamaños medios y pequeños, con acabados medios y toscos (tanto bruñidos como alisados), y con colores de tonos suaves y mates. Si están decorados, la decoración es simple, ocupa un espacio reducido en el cuerpo del recipiente y es poco visible. Su aspecto final es poco cuidado.

Esta voluntad de visibilidad se percibe principalmente en los recipientes no decorados de uso cotidiano, desde el Neolítico Inicial y Medio hasta el Bronce Final.

2.3.2. OCULTACIÓN

La *ocultación* implica una estrategia consciente de invisibilizar los productos, enmascarando aspectos que en sí mismos deberían ser visibles, implica un rechazo explícito de su presencia. El aspecto final de los recipientes es poco cuidado como

en la estrategia de inhibición. Las estrategias de ocultación se consiguen de tres maneras:

- utilizando el acabado para borrar parte de la decoración,
- usando los instrumentos y técnicas decorativas de manera muy superficial,
- ubicando los elementos decorativos en lugares poco visibles del cuerpo del cacharro, como por ejemplo el borde.

Este tipo de recipientes se documentan en el Neolítico Final y en el Bronce Final, y se corresponde con un número reducido de recipientes decorados de uso cotidiano.

2.3.3. EXHIBICIÓN

La *exhibición* implica una voluntad consciente de mostrar los productos dentro del presente social, destacando su espacialidad. Es decir, hay una intencionalidad de producir recipientes llamativos en el conjunto, para ello se realiza una selección consciente de las técnicas que producen un efecto exhibidor dentro del abanico de técnicas que utilizan para manufacturar un cacharro.

Las estrategias que se utilizan para conseguir recipientes muy visibles son diversas, se pueden usar recipientes de gran tamaño, perfiles compuestos, acabados bruñidos y alisados finos o colores de tonos fuertes y brillantes. Si hay decoración, ésta se puede destacar a través del tamaño de los elementos, el contraste en la orientación de los motivos o su gran tamaño, su profundidad o realce, o su ubicación cubriente en el cuerpo del cacharro. Su aspecto final es cuidado o muy cuidado.

La voluntad de visibilidad varía según el período, y los recursos utilizados son diferentes para conseguir el efecto exhibidor. Este tipo de recipientes se documentan a partir del Neolítico Final, y suele corresponderse con:

- un número reducido de recipientes lisos de uso cotidiano y la mayor parte de los recipientes lisos funerarios (Edad del Bronce) y
- con algunos recipientes decorados (Neolítico Final).

2.3.4. MONUMENTALIZACIÓN

La *monumentalización* implica una voluntad consciente de mostrar los productos sociales dentro del presente social, destacando su espacialidad (como la exhibición) y además su temporalidad, es de proyección espacial y temporal intencional.

Únicamente la cerámica campaniforme responde a esta voluntad de visibilidad porque:

- es una cerámica ampliamente extendida en gran parte Europa y fácilmente reconocible,
- posee una perduración de mil años (2600-1500 cal BC),
- y todos los recursos técnicos utilizados para fabricarla se orientan a hacerla muy visible (perfiles compuestos, acabados brillantes, colores de tonos fuertes, pasta blanca incrustada en la decoración y diseños decorativos cubrientes), manteniendo una estandarización formal en el espacio y el tiempo.

2.3.5. SÍNTESIS

De manera sintética podemos decir que (figura 19):

En el NEOLÍTICO INICIAL Y MEDIO hay una voluntad de no hacer especialmente visibles los productos cerámicos, siendo la estrategia de inhibición exclusiva de este periodo. Es el período de la Prehistoria Reciente que muestra una cerámica más homogénea en un nivel formal.

En el NEOLÍTICO FINAL, hay una voluntad de hacer muy visibles unos recipientes a través de una estrategia de exhibición (unos pocos cacharros decorados), y de hacer invisibles otros, bien a través de una estrategia de inhibición (lisa cotidiana) o bien de ocultación (algunos cacharros decorados domésticos). En este período empieza a desarrollarse una cierta heterogeneidad formal en la cerámica.

En el BRONCE INICIAL hay una voluntad de hacer muy visibles unos recipientes, bien a través de una estrategia de exhibición (algunas cerámicas decoradas no-campaniformes y algunos recipientes lisos de contextos domésticos y de todos los funerarios) o bien a través de una estrategia de monumentalización (cerámica campaniforme) y de hacer invisibles otros, a través de una estrategia de inhibición (lisa cotidiana). Es el período con mayor variabilidad formal de la Prehistoria Reciente.

En el BRONCE FINAL hay una voluntad de hacer muy visibles unos recipientes, a través de una estrategia de exhibición (algunas cerámicas con decoración en relieve y grandes dimensiones) y de hacer invisibles la mayor parte de los recipientes, a través de una estrategia de ocultación (lisa y decorada procedente de cualquier contexto).

[FIGURA 19]

Se observa como a lo largo de la Prehistoria Reciente los cambios en las estrategias de visibilidad no son lineales en cuanto a aumento de los recursos utilizados para conseguir que un producto final sea más o menos visible, y aunque los recursos técnicos y las combinaciones de éstos van haciéndose más complejos progresivamente hasta alcanzar un punto álgido en el Bronce Inicial, se vuelven a limitar y reducir el tipo de recursos en las estrategias de visibilidad en el Bronce Final.

Por lo tanto, los cambios en las estrategias de visibilidad a lo largo de la Prehistoria Reciente son un indicio más de los cambios que se están produciendo en la sociedad, el análisis de los recursos que definen las condiciones de visibilidad, contribuyen a caracterizar los estilos cerámicos de los diferentes períodos prehistóricos, y nos permitirán relacionarlos con otros elementos de cultura material (como por ejemplo los paisajes sociales) para comprobar si existen relaciones de compatibilidad estructural y como éstas son articuladas. Sería interesante profundizar en este tema en investigaciones futuras.

4. VALORACIONES Y OPCIONES DE FUTURO

La riqueza de la herramienta 3D nos ayuda a rentabilizar nuestro trabajo en varias dimensiones:

INVESTIGACIÓN BÁSICA: nos permite estudiar el funcionamiento social de la cultura material desde la Prehistoria Reciente, en nuestro caso en relación con las transformaciones del estilo a lo largo del tiempo, y en este caso concreto el aspecto de la visibilidad.

INVESTIGACIÓN APLICADA: nos resulta útil para hacer una Colección de Referencia basada en material representativo de los períodos estudiados. Se hace interesante además, para recuperar piezas perdidas, como por ejemplo, en el caso de un recipiente *tetralobulado* del Túmulo de *Monte Pirleo 5*, reconstruido a partir de información gráfica y textual (Fábregas y Fuente, 1988: 245, fig. 17,3) (figura 20). Esta pieza es interesante porque sus particularidades formales son muy diferentes a las encontradas habitualmente en este periodo, el Neolítico Final del NW de la

Península Ibérica. Por lo tanto, en este tipo de situaciones, aún no existiendo un contexto claro, la singularidad de una pieza puede ser suficientemente significativa para que merezca la pena su reconstrucción.

[FIGURA 20]

DESARROLLO TECNOLÓGICO: nos ayuda a desarrollar una labor de retroalimentación en los procesos de trabajo ya que, se revisan, validan y corrigen las diferentes aplicaciones metodológicas que utilizamos en relación con la herramienta 3D.

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA Y SERVICIOS: nos permite revalorizar y rentabilizar los resultados de la investigación en el entorno socio-cultural mediante una divulgación social. Intentamos ir más allá de las metodologías de exposición y musealización tradicionales (diferentes niveles). Por ejemplo, actualmente estamos elaborando un *Museo Virtual de la Prehistoria Reciente del NW* (que será accesible por Internet o distribuido en CD el próximo año), con vocación didáctica, divulgativa y de formación especializada. Para realizarla partimos de una Colección de Referencia en constante actualización. En este sentido, ya hay múltiples ejemplos útiles e interesantes en internet en el que las vasijas cerámicas son mostradas con diferentes finalidades, como catálogos divulgativos o expositivos (AMAA, 2001; MPRG, 2003) o con una orientación hacia la investigación (Tyers, 2004; WLFTS, 2004). Nuestra intención es la de cubrir diversas necesidades en un contexto escasamente tratado en este nivel, como es la Prehistoria Reciente.

Asimismo, la herramienta 3D puede contribuir a apoyar el trabajo de otros profesionales, como la restauración y conservación de piezas.

AGRADECIMIENTOS

A Anxo Rodríguez Paz, que ha realizado los dibujos de las piezas y la base gráfica para poder elaborar este trabajo.

Este trabajo ha sido financiado dentro del proyecto *Autopista al Pasado: Investigación y Protección del Patrimonio Arqueológico en un Proyecto de Obra Pública-ACEGA D+I* (PGIDIT04CCP606003PR) concedido a través de la convocatoria: *Programa de Tecnoloxías para a Innovación-Tecnoloxías da Construcción e da Conservación do Patrimonio do ano 2004*, Dirección Xeral de Investigación e Desenvolvemento. Consellería de Innovación, Industria e Comercio. Xunta de Galicia.

Bibliografía

- ADLER, K.; KAMPEL, M.; KASTLER, R.; PENZ, M.; SABLATNIG, R.; SCHINDLER, K. Y TOSOVIC, S. (2001): "Computer aided classification of ceramics: Achievements and problems". *Proceedings of 6th Workshop on Archaeology and Computers*. SIGGRAPH-ACM. Association for Computing Machinery Press. New York (USA).
- (AMAA) [ASHMOLEAN MUSEUM OF ART AND ARCHAEOLOGY](http://potweb.ashmol.ox.ac.uk/HomePage.html) (2001): "Potweb". <http://potweb.ashmol.ox.ac.uk/HomePage.html> (6 de junio de 2005).
- BLINN, J. F. (1978): "Simulation of Wrinkled Surfaces", *Proceedings of the 5th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*: 286-292. SIGGRAPH-ACM. Association for Computing Machinery Press. New York (USA).
- COBAS FERNÁNDEZ, M. I. (2002): "Formas de representar, mirar e imaginar: metodología para el estudio de la decoración geométrica en la prehistoria reciente". *Serie de Monografías de la Escuela Bibliotheca Italica*, 26. L'Erma di Brestchneider. Roma.
- COOK, R. L.; CARPENTER, L. Y CATMULL, E. (1987): "The Reyes image rendering architecture." *Proceedings of the 14th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*: 95-102. Association for Computing Machinery Press. New York (USA).
- CRIADO BOADO, F. (1991): "Construcción social del espacio y reconstrucción arqueológica del paisaje". *Boletín de Antropología Americana*, 24: 5-30. Instituto Panamericano de Geografía e Historia.
- CRIADO BOADO, F. (1993): "Visibilidad e interpretación del registro arqueológico". *Trabajos de Prehistoria*, 50: 39-56. Madrid.
- FÁBREGAS VALCARCE, R. Y FUENTE ANDRÉS, F. DE LA. (1988): *Aproximación a la cultura material del megalitismo gallego: la industria lítica pulimentada y el material cerámico*. Arqueohistórica, 2. Tórculo Artes Gráficas. Santiago de Compostela.
- GLASSNER, ANDREW (Ed.) (1989). *An Introduction to Ray Tracing*. Academic Press. Londres.
- GONZÁLEZ MÉNDEZ, M. (2000): *La revalorización del patrimonio arqueológico. La definición de un programa para el Ayuntamiento de Toques (A Coruña)*. Arqueología/ Investigación 8. A Coruña.
- GORAL, C.; TORRANCE, K. E.; GREENBERG, D. P. Y BATTAILE, B. (1984): "Modeling the interaction of light between diffuse surfaces" *Proceedings of the 11th*

annual conference on Computer graphics and interactive techniques: 213-222. ACM Press. New York (USA).

IRUJO RUÍZ, D. J. Y PRIETO MARTÍNEZ, M. P. (2005, en prensa): "Perceiving pottery: a view using 3D applications". *Proceedings of Computing Applications in Archaeology Conference* (Tomar, marzo de 2005).

KAMPEL, M. Y MELERO, F.J. (2003): "Virtual Vessel Reconstruction from a Fragment's Profile" En D. Arnold, A. Chalmers y F. Niccolucci (eds.) *4th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage* (VAST2003): 79-88. Brighton (UK).

KAMPEL, M. Y SABLATNIG, R. (2003): "Virtual reconstruction of broken and unbroken pottery". En *Proceedings of Heritage Applications of 3-D imaging and modeling, special session of 4th International Conference on 3-D Imaging and Modeling*. 3DIM'03: 318-325. IEEE Computer Society Press. Banff, Canada.

KAMPEL, M. Y SABLATNIG, R. (2001): "Computer aided classification of ceramics". *Proceedings of Intl. EuroConference on Virtual Archaeology between Scientific Research and Territorial Marketing*, Arezzo, Italy.

KAMPEL, M.; TOSOVIK, S. Y SABLATNIG, R. (2002): "Octree-based fusion of shape from silhouette and shape from structured light". En G. M. Cortelazzo y C. Guerra (eds.) *3DPVT02: 1st IEEE Intl. Symposium on 3D Data Processing Visualization and Transmission*: 3dpvt, vol. 00: 754-757. IEEE Computer Society Press. Padua, Italia.

KONG, W. Y KIMIA, B. B. (2001): "On solving 2D and 3D puzzles using curve matching". En *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (cvps)*. Vol. 2: 583. Proceedings of IEEE Computer Society Press. Hawaii.

LA COMMISSION DU VIEUX PARIS: <http://cvp.ifrance.com/verre/cvpverre.html> (19 de enero de 2005).

LEITAO, H. Y STOLFI, J. (2002): "A multiscale method for the reassembly of two-dimensional fragmented objects". En *Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. Vol. 24 , Issue 9: 1239- 1251. IEEE Computer Society Press. Río de Janeiro.

LÓPEZ CUEVILLAS, F. Y CHAMOSO LAMAS, M. (1958): "Una necrópolis de sepulturas planas". *Cuadernos de Estudios Gallegos* 41: 273-283. Santiago de Compostela.

MAÑANA BORRAZÁS, P. (2003): "Vida y muerte de los megalitos. El abandono en estructuras funerarias". *Era Arqueologia*, 5: 164-177. Lisboa.

MARA, H.; SABLATNIG, R.; KARASIK, A. Y SMILANSKY, U. (2004): "The uniformity of wheel produced pottery deduced from 3D processing and scanning". En W. Burger y J. Scharinger (eds.) *Digital Imaging in Media and Education, Proceedings of the 28th Workshop of the Austrian Association for Pattern Recognition*: 197-204. Schriftenreihe der [Österreichische Computer Gesellschaft](#). [Austrian Computer Society](#). Viena.

MELERO, F. J.; LEÓN, A. Y TORRES, J. C. (2003): "Un sistema interactivo de reconstrucción y dibujo de cerámica arqueológica". *XI Congreso Español de Informatica Gráfica (CEIG'2003)*: 321-324. A Coruña.

MELERO, F. J.; TORRES, J. C. Y LEÓN, A. (2003): "On the Interactive 3D Reconstruction of Iberian Vessels". D. Arnold, A. Chalmers y F. Niccolucci (eds.) *4th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage (VAST2003)*: 67-74. Brighton (UK).

(MPRG) MEDIEVAL POTTERY RESEARCH GROUP (2003). <http://www.medievalpottery.org.uk/links.htm> (6 de junio de 2005).

PARCERO OUBIÑA, C. (1997): *Documentación de un entorno castreño: Trabajos arqueológicos en el área de Cameixa*. Trabajos en Arqueología del Paisaje (TAPA), 1. Santiago de Compostela: Grupo de Investigación en Arqueología del Paisaje.

PARCERO OUBIÑA, C. (1998): *La arqueología de la gasificación de Galicia 3: Excavación del túmulo nº 3 del Alto de San Cosme*. Trabajos en Arqueología del Paisaje (TAPA), 5. Santiago de Compostela: Grupo de Investigación en Arqueología del Paisaje.

PRIETO MARTÍNEZ, M. P. (1999): "Caracterización del estilo cerámico de la Edad del Bronce en Galicia: Cerámica campaniforme y cerámica no decorada". *Complutum*, 10: 71-90. Madrid.

PRIETO MARTÍNEZ, M. P. (2001): *La cultura material cerámica en la Prehistoria Reciente de Galicia: Yacimientos al aire libre*. TAPA, 20. Santiago de Compostela.

PRIETO MARTÍNEZ, M. P. (2005, e.p.): "Technological chain and visibility: Ceramic styles and social changes in the Late Prehistory of NW Iberian". D. Gheorghiu & K. Andrews (eds.). *Ceramics in the new millennium*. B.A.R. International Series (Archaeopress). Oxford.

ROCK, I. (1985): *La percepción*. Editorial Labor (1st ed. 1984, Scientific American Book). Barcelona.

SABLATNIG, R. Y MENARD, C. (1997): "3D reconstruction of archaeological pottery using profile primitives". En N. Sarris y M. G. Strintzis (eds.) *Proceedings of*

International Workshop on Synthetic-Natural Hybrid Coding and Tree-Dimensional Imaging: 93-96. Rodas (Grecia).

SABLATNING, R.; TOSOVIC, S. Y KAMPEL, M. (2002): "Combining Shape from Silhouette and Shape from Structured Light for Volume Estimation of Archaeological Vessels". En *Proceedings of 16th International Conference on Pattern Recognition*. Vol 1: 364-367. IEEE Computer Society. Quebec.

TYERS, P. (2004): "Potsherd". <http://www.potsherd.uklinux.net/> (6 de junio de 2005).

WIKIPEDIA (2005a): Voz 'Red Bayesiana'. http://es.wikipedia.org/wiki/Red_bayesiana (11 de julio de 2005).

WIKIPEDIA (2005b): Voz 'Bump mapping'. http://en.wikipedia.org/wiki/Bump_mapping (11 de julio de 2005).

WIKIPEDIA (2005c): Voz 'Texture mapping'. http://en.wikipedia.org/wiki/Texture_mapping (11 de julio de 2005).

WIKIPEDIA (2005d): Voz 'Radiosity'. <http://en.wikipedia.org/wiki/Radiosity> (11 de julio de 2005).

WIKIPEDIA (2005e): Voz 'Global illumination'. http://en.wikipedia.org/wiki/Global_illumination (11 de julio de 2005).

WIKIPEDIA (2005f): Voz 'Ray_tracing'. http://en.wikipedia.org/wiki/Ray_tracing (11 de julio de 2005).

WILLIS, A. R. (2004): *Stochastic 3D Geometric Models for Classification, Deformation, and Estimation*. Tesis Doctoral. Brown University. Providence (USA).

WILLIS, A.; COPPER ET ALII. (2002): "Bayesian pot-assembly from fragments as problems in perceptual-grouping and geometric-learning". *Proceedings of 16th International Conference on Pattern Recognition*. Vol. 3: 297-303. IEEE Computer Society. Quebec.

(WLFTS) WORCESTERSHIRE ON-LINE FABRIC TYPE SERIES (2004) <http://www.worcestershireceramics.org/> (6 de junio de 2005).