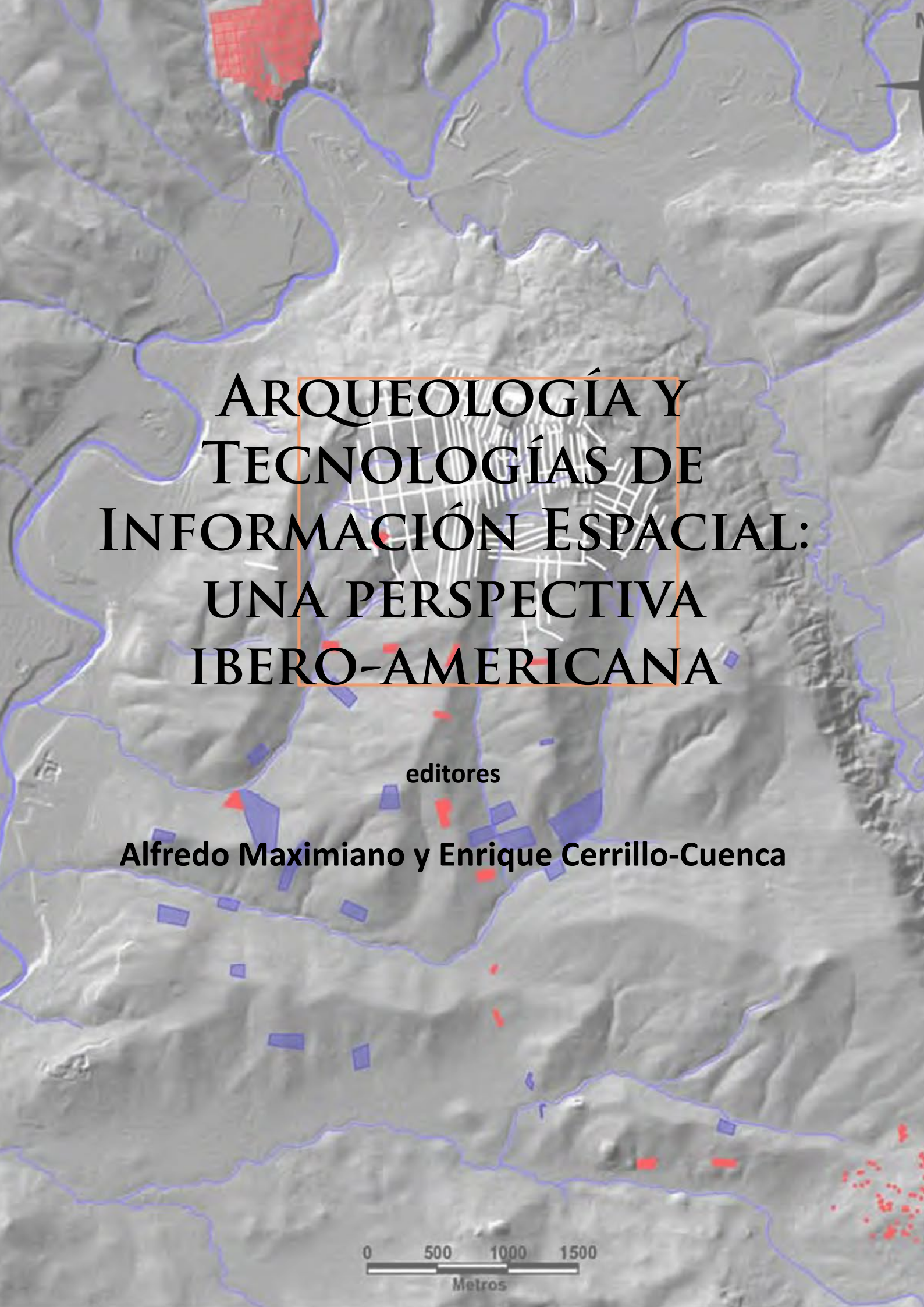


Arqueología y Tecnologías de Información Espacial: una perspectiva ibero-americana

editores

Alfredo Maximiano y Enrique Cerrillo-Cuenca

Archaeopress Publishing Ltd
Gordon House
276 Banbury Road
Oxford OX2 7ED

www.archaeopress.com

ISBN 978 1 78491 153 9 (e-Pdf)

© Archaeopress and the authors 2015

Indice

Contextos teóricos y aplicabilidad

EL ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS ACUMULACIONES TEMPORALES 2
Katia Francesca ACHINO, Giacomo CAPUZZO, Juan Antonio BARCELÓ

Fig. 1 3
Fig. 2 3
Fig. 3 4
Fig. 4 5

POSIBILIDAD DE DETECCIÓN DE "RASTRILLADAS" Y OTROS CAMINOS ANTIGUOS A TRAVÉS DEL USO DE IMÁGENES ÓPTICAS Y DE RADAR EN LA ZONA DE TANDILIA, PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA 11
Fabián BOGNANNI

Figura 1. Parte del mapa de Cardiel (1751 en Furlong 1969). Nótese en la elipse: "El Camino del Cacique Bravo" que correspondería a una rastrillada 24
Figura 2. Mapa Geográfico de la Provincia de Buenos Aires del año 1828 (tomado de Grau 1949:16 y 17). Nótese en la elipse el camino denominado "*Camino de los indios desde el Tandil hasta Patagones*" que circula cercano al Fuerte Independencia (marcado con una estrella) y que tiene dirección al sudoeste 25
Figura 3. Caminos que figuran en los duplicados de mensuras del siglo XIX ubicados en el Partido de Tandil y Benito Juárez dispuestos sobre la base de la red de caminos actuales 26
Figura 4. Superposición de los caminos que figuran en la mensura del campo de Miguel Figueroa (A) en una imagen de satélite (B). Las líneas negras son los caminos de la mensura y las cruces blancas son los puntos de referencia. 27
Figura 5. Arriba: Caminos relevados del duplicado de mensura n° 74 (Juan Facio y Benjamín Vergez) sobre una imagen Landsat 7 ETM+, RGB 321. Abajo: Cruce de la Ruta Provincial N° 74 con los caminos de la mensura. A: "Camino vecinal del Tandil". B: camino sin denominación 28
Figura 6. A: relación espacial existente entre el "Camino de la Carlota al Tandil" y la Ruta Provincial 30 (línea gris). B: reacomodamiento espacial del camino para advertir zonas coincidentes (marcado con flechas blancas) 29
Figura 7. A: "Camino del Tandil a Bahía Blanca" en georreferenciada original y B: reacomodamiento espacial del camino para advertir zonas coincidentes (marcado con flechas blancas) 30
Tabla 1. Duplicados de mensura analizados para el área de Tandilia 30
Figura 8. A: Imagen del satélite Landsat 7 ETM+ en donde se puede apreciar la malla y los puntos de referencia (cruces blancas). B: Duplicado de mensura Tandil N° 88 donde se observa la distorsión de la malla extrapolada de la imagen satelital y los puntos de referencia (cruces negras). C: Superposición de la información histórica del mapa de mensura (líneas blancas) en la imagen de satélite. Nótese la grilla de distorsión generada a partir del cruce de información histórica y la imagen del satélite 31
Figura 9. A: imagen RADARSAT 1. B: imagen pancromática de Landsat y RGB de alta resolución de Google Earth. En A, las flechas marcan un rasgo lineal (línea negra en imagen B), líneas punteadas marcan los caminos de la mensura Tandil N° 88 y el círculo punteado señala posible zona inundable 32
Figura 10. A: imagen RADARSAT 1 con filtrajes Frost y Lee. B: imagen A con un proceso de erosión de dos ciclos. Las flechas blancas con bordes negros señalan rasgos lineales en la imagen, mientras que las flechas negras con bordes blancos corresponden a la ubicación de cada elemento en la imagen opuesta 33
Figura 11. A: imagen Landsat 7. Las líneas continuas corresponden a los caminos de la mensura Tandil N° 74. B: imagen RADARSAT 1 con misma información. Además las flechas señalan un rasgo lineal de características similares a un camino. C: Rasgo lineal identificado en el terreno 33
Figura 11. A: imagen Landsat 7. Las líneas continuas corresponden a los caminos de la mensura Tandil N° 74. B: imagen RADARSAT 1 con misma información. Además las flechas señalan un rasgo lineal de características similares a un camino. C: Rasgo lineal identificado en el terreno 34

ANÁLISIS ESPACIAL DE PATRIMONIO INMUEBLE USANDO UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA PATRIMONIO HISTÓRICO 35
J. C. TORRES, C. ROMO, D. MARTÍN, A. GRANDE

Tabla 1. Rugosidad en los distintos paramentos del Sacellum. 43
Figura 1. Fotografía del proceso de toma de datos con el escáner de tiempo de vuelo en el Anfiteatro de Itálica. 43
Figura 2. Visualización de un fragmento del modelo generado. 44
Figura 3. Fotografía del mosaico del suelo del Sacellum. 44
Figura 4. Visualización de la capa de orientación generada automáticamente 45
Figura 5. Visualización de la capa de rugosidad. 46
Figura 6. Visualización de la curvatura. 47
Figura 7. Curvatura en el suelo, dibujada sobre la capa de segmentación y la textura del modelo. 48
Figura 8. Visualización de la capa *dS*: zonas erosionadas en el mosaico. 49

LUCES EN LA OSCURIDAD: SOFT COMPUTING Y ARTE RUPESTRE EN EL SITIO MAGDALENIENSE DE LA GALERÍA INFERIOR DE LA GARMA (OMOÑO, CANTABRIA, ESPAÑA) 50
Alfredo MAXIMIANO CASTILLEJO, Camilo BARCIA GARCÍA, Pablo ARIAS CABAL, Roberto ONTAÑÓN PEREDO

Figura 1: idealizando el proceso de creación. En ambos casos existe un agente que controla la luz en diferentes emplazamientos próximos al artista que crea la figura. 62
Figura 2: a la derecha, localización del yacimiento. A la izquierda, esquema del complejo kárstico donde se encuentra la Galería Inferior de La Garma. Arriba, sección; abajo, restitución volumétrica en 3D. 63
Figura 3: las dos zonas de estudio. En la fila superior, arriba a la izquierda, investigadores (P. A., R. O. y el Dr. P. Pettit) observando las evidencias artísticas. Al centro, el modelo 3D (escaneado 3D) de las zonas en donde se localiza el arte (en círculos negro y blanco discontinuos) y a la derecha, idealización de posibles formas de ejecutar el gesto artístico. La fila superior se corresponde con el primer caso y la parte inferior, con el segundo caso. 64
Figura 4: apreciación de cambios en un mismo bajorrelieve (caballo) tratado con diferentes tipos de iluminación (extraído de Devlin *et al.* 2002). 64
Figura 5: un ejemplo que sintetiza lo que es una *escena* y su relación con caso real. En A) y C), la zona de trabajo donde se realizó un experimento *in situ* con una dispositivo lumínico (intensidad luz = 1 cd) en la *Cueva de las Vacas* (Burgos, España); B), experimento de luz en esa misma zona mediante escena virtual (intensidad simulada = 1cd). 65
Figura 6: vistas en 3D de la zona de estudio. Arriba izquierda, imagen 3D general de la zona donde se encuentra el panel (zona enmarcada). A la derecha, investigadores (P. A., R. O. y el Dr. Pettit) observando el panel (nos da una aproximación tanto a la escala como a la accesibilidad del panel) y detalle de las figuras representadas. Abajo, derecha, detalle de las figuras, a la izquierda diferentes vistas 3D de la zona del panel, el cual está enmarcado en una elipse. 65
Figura 7: arriba izquierda, 1 cd; derecha, 5 cd. Abajo, 2cd en diferentes localizaciones (el arte se emplaza dentro de los recuadros).e luces prehistóricas según grado de iluminación. 67
Figura 9: visualizando las escenas en una secuencia vertical (de arriba a abajo: intensidad de luz 0,3 cd, 1 cd y 2 cd). La columna central coloca el emisor de luz en otra localización. Columna de la izquierda, con dos luces. 67
Figura 11: derecha arriba y abajo, un punto de luz a 1 cd en distintos emplazamientos da una superficie en torno a 3,4 m^2. Izquierda arriba y abajo, un punto de luz a 2 cd proporciona una superficie de unos 6,8 m^2. 68
Figura 10: arriba, recreación de los dos supuestos; a la derecha, el de dos personas (1 cd); a la izquierda una sola persona (2 cd). Abajo, planta de la zona donde está el panel (línea gruesa en negro), enmarcando (línea blanca discontinua) el área total necesaria para crear el arte en base al emplazamiento del panel y de la fuente de luz, cada circunferencia abarcaría la superficie iluminada en relación a cada punto de iluminación en 0,3 , 1 y 2 cd respectivamente. 68
Figura 12: derecha, con 1 cd se estima una superficie de 12 m^2. Izquierda, con 2 cd se estima una superficie de 21 m^2. 69
Figura 13: simulación de 2 luces a 0,3 cd, ocupa una superficie de 3 m^2. 69
Figura 14: arriba derecha, una imagen 3D general de la zona donde se encuentra el panel (zona enmarcada), a la izquierda detalle de la zona junto a un investigador (Dr. Pettit) trabajando en ella (nos ofrece una aproximación tanto de la escala como de la accesibilidad del panel). Parte inferior izquierda, detalle de las manos pintadas y a la derecha dos tomas 3D diferentes del lugar donde se encuentra dicho arte. 70
Figura 15: composición de casos extremos enmarcando en blanco la zona donde se encuentran las manos pintadas. 71
Figura 16: escenas simuladas con dos luces, derecha 0,3 cd en una distancia < 0,5 m de la pared dónde están las manos; en el centro, mismos parámetros de luz pero a una distancia aprox. de 1,2 m de la pared donde se emplazan las pinturas. A la izquierda, 1 cd y a una distancia aprox. de 1,2 m. 71
Figura 17: columna de la derecha simula dos luces (arriba, 0,3 cd; medio, 1 cd; abajo, 2 cd); columna central un único punto de luz (mismos valores que la anterior); columna izquierda, mismo valores pero con una localización diferente de la lámpara. Todas las simulaciones están realizadas a 1,2 m de distancia de la pared donde están las pinturas. 72
Figura 18: simulaciones a 0,3 cd con el punto de luz muy próximo a las pinturas < 0,5 m (zona de pintura enmarcada en blanco). 73
Figura 19: arriba, estimación de superficie (en tono más oscuro) con 0,3 cd (derecha) y 1cd (izquierda) combinando el diámetro (en línea discontinua) de la luz para esquematizar cómo incide ante las rugosidades de la pared y la reflectancia de la luz contra el techo. Abajo, superficie estimada (aprox. 10 m^2) para visualizar el arte con 1cd y a más de 1m de la pared. 73
Tabla 1 74

EL CASTRO DE SAN CHUIS (ALLANDE, ASTURIAS, ESPAÑA): ENSAYO METODOLÓGICO PARA LA INTEGRACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN PROCEDENTE DE ANTIGUAS EXCAVACIONES ARQUEOLÓGICAS 75
Jesús F. JORDÁ PARDO, Juana MOLINA SALIDO

Figura 1. 1) Situación geográfica de castro de San Chuis (Allande, Asturias) en el contexto de Europa, Península Ibérica y Principado de Asturias. (B) Fotografía aérea (Visor SIGPAC - Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas – del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España) y plano topográfico del castro. 81
Figura 3. Plano del corte estratigráfico E-W de la Estructura 3 excavada durante la campaña de 1963. 82
Figura 2. Plano en papel milimetrado de un corte estratigráfico en Estructura 3 y muralla del año 63. Vemos como el paso del tiempo lo ha deteriorado bastante. 82
Figura 4. Toma de pantalla de la Tabla correspondiente a la Estratigrafía de la Base de Datos General del castro. 83
Figura 5. Uno de los planos que hemos escaneado. Se corresponde a una cuadrícula de 4 x 4 m. 84
Figura 6. El plano ya insertado en el General del castro mediante el Raster Design. Se puede observar que la imagen queda perfectamente acoplada a la retícula y a las estructuras. 85
Figura 7. Composición que refleja el proceso del trazado de puntos (I), toma de coordenadas (II) y traslado a la Base de Datos (III). 86
Figura 8. Plano general del área excavada del castro con la distribución del registro material diferenciando tipos de la campaña de 1985. Aunque no puede apreciarse bien, cada tipo de resto material tiene un color distinto. 86
Figura 9. Composición en la que aparecen imágenes de los diferentes pasos dados en el modelado de la Estructura 9 del castro, conocida como Gran Habitación. 87

LOS LÍMITES DE LA GEOESTADÍSTICA EN EL ANÁLISIS DE PATRONES DE ASENTAMIENTO Y PROCESOS ARQUEOLÓGICOS DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL 88
Joan NEGRE PÉREZ

Figura 1. Ejemplo de sistema complejo de articulación social del espacio formalizado gráficamente a partir de sus redes de asentamiento (entidades puntuales), transporte (entidades lineales) y producción (entidades poligonales) como ejemplo hipotético de *open field system* (Shepherd 1923). 95
Figura 2. Esquema básico de funcionamiento del algoritmo de retropropagación de una Red Neuronal Artificial (Negre 2014). 96
Figura 3. Modelo predictivo combinado que presenta la capacidad probabilística para cada celda de haber sostenido el funcionamiento del sistema de articulación social del espacio en el área del curso inferior del río Ebro durante el período Islámico (Negre 2014). 97
Figura 4. Modelo de costes de desplazamiento o de fricción en el curso inferior del río Ebro durante el período Islámico (Negre 2013).

Etnografía

ESTUDIO ESPACIAL DE LOS EDIFICIOS RELIGIOSOS EN LA BÉTICA: EL CASO DE *CARTIMA* (CÁRTAMA, MÁLAGA) 100
Mª José BERLANGA PALOMO, Francisco MELERO GARCÍA

Plano de las excavaciones del siglo XVIII. 107
Templo de las matronas sedentes representado en el siglo XVIII. 108
Cabecera del edificio absidal documentado en 2005. 109
Detalle de la escalera de acceso a la tribuna del edificio absidal. 110
Hipótesis sobre el foro de *Cartima* a partir de los datos actuales. 111
Cimiento altoimperial de planta circular, posible *aedicula*. 112
Capitel corintio de pilastra reaprovechado en muros tardoantiguos. 112
Conjunto escultórico de las Matronas sedentes. 113

APROXIMACIÓN A LA POTENCIALIDAD PRODUCTIVA DE SAL POR EVAPORACIÓN SOLAR EN EL SISTEMA IBÉRICO DURANTE LA EDAD DEL HIERRO: PROPUESTA PARA LA MODELIZACIÓN DE POTENCIALIDADES PRODUCTIVAS 114
Jonathan TERÁN MANRIQUE

Fig. 1 124
Fig. 2 125
Fig. 3 126
Fig. 4 127
Tabla 1. Resumen rásters calculados 128
Tabla 3. Resumen estadístico de los valores de altitud, pendientes, geología, temperaturas, precipitaciones e insolación de las salinas localizadas 128
Tabla 4. Reclasificación de variables 129
Tabla 5. Áreas totales (km^2) según potencialidad productiva 129
Tabla 2. 130

Micro

ESTADÍSTICA Y VISUALIZACIÓN INTRA-SITE: ANÁLISIS ESPACIAL Y SUELOS DE OCUPACIÓN EN LA GALERÍA INFERIOR DE LA GARMA (OMOÑO, CANTABRIA) 132
Camilo BARCIA GARCÍA

Figura 1**:** sitio arqueológico *Galería Inferior de La Garma*, situado en la costa cántabra, en el norte de la Península Ibérica. ***Mitad superior:*** localización geográfica (izquierda y centro), sección y planta completas de toda la galería (mitad central y derecha). *Mitad inferior:* aspecto de la Zona IV de la *Galería Inferior* en fotografía (izquierda) y planta (derecha), donde pueden apreciarse las construcciones. Fotografías: Pedro Saura. Planimetrías: Luis C. Teira. 144
Figura 2: descriptores estadísticos básicos para la distribución de restos de talla; cada cuadro es 1 m^2. *Izquierda:* mapa transversal de la Zona IV, en él se señala el área máxima que ocupa la distribución de RT mediante un polígono con trazado discontinuo (*convex hull*); la estrella blanca indica el eje central mientras el círculo y la elipse incluyen aquellos casos ubicados a 1 desviación típica. *Derecha:* histograma en el que la intensidad por unidad de superficie es indicada por una tercera dimensión (altura); los intervalos usados son de 25 cm. 145
Figura 3: componentes del análisis estructural de la distribución de restos de talla. *Arriba izquierda:* función *K de Ripley* (línea continua) aplicada sobre un área muestral de 16,5 m^2 (extensión 6 m mayor de la que le corresponde, el reajuste produce una pendiente ascendente); las líneas punteadas delimitan el umbral de CSR para una probabilidad del 95%. *Arriba derecha:* mapa transversal ampliado de la Zona IV donde se representa la *Estimación de Densidad Kernel* calculada bajo parámetros gaussianos para un radio de 5 cm; la estrella señala la acumulación de casos sobre la piedra en el suroeste de la estructura B, la cual sobrepasa la escala usada para RT y LA, llevando a la función *kernel* hasta valores mayores a 30.500. *Abajo izquierda:* tabla con el resultado para *Vecino Más Próximo*; el coeficiente *R* y el valor *p* son coherentes con el resultado mostrado al inicio del gráfico *K de Ripley*, si bien es algo distinto debido a que en NNA la base de medida son distancias y no densidades. *Abajo derecha:* mapa general de la Zona IV con la distribución de restos de talla. 146
Figura 4: descriptores estadísticos básicos para la distribución de lascas y láminas; los cuatro individuos emplazados más al suroeste y al este (fuera del perímetro discontinuo) se han excluido de los cálculos por considerarse casos extremos (*outliers*). Cada cuadro es 1 m^2. *Izquierda:* mapa transversal de la Zona IV, en él se señala el área máxima que ocupa la distribución de LA mediante el trazado discontinuo (*convex hull*); las estrellas blancas indican los ejes centrales mientras el círculo y la elipse incluyen los casos ubicados a 1

desviación típica. *Derecha:* histograma en el que la intensidad por unidad de superficie es indicada por una tercera dimensión (altura); los intervalos usados son de 25 cm. 147
Figura 5: análisis estructural de la distribución de lascas y láminas. *Arriba izquierda:* función *K de Ripley* (línea continua, la discontinua marca el umbral de CSR para una probabilidad del 95%) aplicada sobre un área muestral de 16,5 m^2 (extensión casi igual a la que le corresponde, el reajuste apenas produce ninguna modificación); la extensión espacial de LA es mayor que en RT, razón por la que la función calcula distancias mayores a las vistas en los restos de talla (se indica el límite de RT). *Arriba derecha:* mapa transversal ampliado de la Zona IV donde se representa la *Estimación de Densidad Kernel* calculada bajo parámetros gaussianos para un radio de 5 cm. *Abajo izquierda:* tabla con el resultado para NNA; el coeficiente *R* y el valor *p* son coherentes con el resultado mostrado al inicio del gráfico *K de Ripley*. *Abajo derecha:* mapa general de la Zona IV con la distribución de lascas y láminas. 148
Figura 6: campo de alturas resultante de la interpolación por distancia inversa, la cual cuenta con un parámetro de suavizado δ = 0,1 . Indicaciones: núm. 1, acumulación de RT en el centro de la estructura A; núm. 2, concentración de RT sobre la piedra suroeste de B; núm. 3, presencia de RT al noreste de la piedra suroeste de B; núm. 4, presencia poco significativa de RT en el exterior; núm. 5, presencia de LA a la par que ausencia de RT en la esquina noroeste de la estructura B. *Arriba izquierda:* proyección ortográfica transversal. *Arriba derecha:* tabla en la que se incluye el número de individuos y porcentajes de cada categoría ordenados por sectores espaciales; los porcentajes en gris responden a la oposición RT *versus* LA, mientras que los marcados en blanco (y cursiva) son la cantidad relativa presente en cada sector respecto al total de la correspondiente categoría.[6] *Abajo izquierda:* proyección ortográfica sagital del lateral este (orientación sur-norte); la línea punteada separa las regiones espaciales que están por encima y por debajo de 0,5 (indirectamente relacionado con un hipotético 50% en la tabla inferior derecha). *Abajo derecha:* vista en perspectiva del campo de alturas desde el suroeste. 149
Tabla 1: resultados de las medidas descriptivas para las categorías RT y LA calculados en base a los ejes *x* , *y* 150

LA PERCEPCIÓN DEL ESPACIO INTERIOR EN LA CASA DEL ESTRÍGILO DE SEGEDA I (MARA, ZARAGOZA)..... 151
Gloria FERNÁNDEZ GARCÍA

Figura 1. Fotografía aérea de la excavación de la Casa del Estrígilo de Segeda I. 158
Figura 2. Planimetría de la Casa del Estrígilo. 159
Figura 3. Planimetría de la Casa del Estrígilo, con esquema superpuesto de la planta y propuesta de cierre de muro este en línea discontinua. 160
Figura 4. Análisis de circulación de la Casa del Estrígilo. 161
Figura 5. Gráfico de accesibilidad que representa los valores de control de las estancias de la Casa del Estrígilo. 162
Figura 6. Gráfico de accesibilidad que representa los valores de profundidad entre las estancias de la Casa del Estrígilo. 163
Figura 7. Gráfico de accesibilidad justificado de la Casa del Estrígilo. 164
Figura 8. Área visible desde la entrada de la Casa del Estrígilo. 165
Figura 9. Área visible desde el patio de la Casa del Estrígilo. 166
Tabla 1: Valores obtenidos del cálculo de las relaciones de control (CV), profundidad (TDn), asimetría relativa (RA) e integración (I) de la Casa del Estrígilo. 167

¿ACCIONES ANTRÓPICAS O NATURALES EN LOS HOGARES NEANDERTALES? ARQUEOLOGÍA EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS INTRA-SITE. 168
Irene ORTIZ NIETO-MÁRQUEZ, Javier BAENA PREYSLER

Figura2. Perfil hogar seccionado por las obras de la M-45 178
Figura 1. Planta Area3, El Cañaveral. (Madrid, España) 178
Figura 3. Planta del hogar con perímetro, las chinchetas exteriores, y cubeta chinchetas interiores. 179
Figura 4. Mapa de dispersión de las piezas del hogar, con clasificación tecnológica. 179
Figura 5. Mapa dispersión de las piezas del hogar con alteración térmica. 180
Figura 6. Remontajes del hogar. 180
Figura 7. Remontajes en la zona de la cubeta 181
Figura 8. Corte Estratigráfico de Área3. 181
Figura 9. Cribado de sedimento. 182
Figura 10. Temperatura alcanzada por el hogar cada 15 minutos. 182
Figura 11. Hogar antes y después de la ignición. 183
Figura 12. Mapa de distribución de piezas del hogar experimental. 184
Figura 13. Sistema fractal y pieza central del hogar con fractura fractal 185
Figura 14. Planta de hogar experimental con líneas de remontajes. 185
Figura 15. Pieza 45 antes de quemar y después junto al esquema fractal de remontaje. 186
Figura 16. Pieza 30 antes de quemar y después junto al esquema fractal de remontaje. 186
Figura 17. Pieza 3 antes de quemar y después junto al esquema fractal de remontaje 186
Figura 18. Pieza 39 antes de quemar y después junto al esquema fractal de remontaje. 187
Figura 19. Pieza 41 antes de quemar y después junto al esquema fractal de remontaje. 187
Figura 20. Pieza 61 antes de quemar y después junto al esquema fractal de remontaje. 187
Tabla 1. Proceso de enterramiento y posición de las piezas por capas. 188
Tabla 2. Proceso de encendido del hogar hasta la extinción del fuego. 189
Tabla 3. Índice de desplazamiento. 190
Tabla 4. Índice de fracturación. 190

PERCEPCIÓN, COMPRENSIÓN E INTERPRETACIÓN EN S-T BAECULA. S.I.G. APLICADOS AL ESTUDIO DE UN CAMPO DE BATALLA DE LA SEGUNDA GUERRA PÚNICA 192
Carmen RUEDA GALÁN, Juan Pedro BELLÓN RUIZ, José VALDERRAMA ZAFRA

Fig. 1. Alto Guadalquivir - Provincia de Jaén. Principales *oppida* citados en las fuentes romanas. 201

Fig. 2. Diseño y distribución de los muestreos en el campo de batalla y su entorno (*oppidum* de Los Turruñuelos - *Baecula*) 202
Fig. 3. Diagrama entidad-relación del S.I.G. del Proyecto *Baecula*. 203
Fig. 4. Densidad de cerámica ibérica de almacenaje. Abajo -a la izquierda- método aplicado: *Ordinary Kringing* sobre rango = 10 (muestra aleatoria de 1000 celdas) 204
Fig. 5. Varios ejemplos de puntas de jabalina documentadas en el campo de batalla. 205
Fig. 6. Estudio de la dispersión de tachuelas (clavos de las sandalias de los legionarios romnanos). La línea blanca muestra el trazado de menor coste establecido a través del S.I.G., la línea negra sigue las zonas con mayor frecuencia de hallazgos. 206
Fig. 7. Esquema general de la Batalla de Baecula, según los datos arqueológicos. 207
Fig. 8. Evolución/cambios/transformaciones del sistema de asentamiento en el entorno del *oppidum* de Los Turruñuelos (*Baecula*). A la izquierda el sistema y tipos de asentamiento entre los siglos II/I a.n.e., un sistema de transición hasta el modelo imperial romano (a la derecha) articulado en torno a un municipio y el sistema de *villae* (factorías agrarias de tamaño <2has) 208

GEOARQUEOLOGÍA Y ESPELEOLOGÍA APLICADA AL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE CUEVAS CON OCUPACIÓN INDÍGENA EN TAMAULIPAS (MÉXICO) 209
José Antonio CARO GÓMEZ, Genaro ÁLVAREZ GARCÍA, Rafael CÁMARA ARTIGAS, José MOLINA RODRÍGUEZ

Tabla 1. Datos para la elaboración de la topografía de la Cueva de la Sepultura. 214
Tabla 2. Lista de especies e índices alfa de diversidad del TRANSECTO TULv_1 en el entorno de la Cueva de la Sepultura (vertiente de acceso). 216
Tabla 3. Lista de especies e índices alfa de diversidad del TRANSECTO TULv_2 en el entorno de la Cueva de la Sepultura (cono aluvial). 217
Tabla 4. Datos para la elaboración de la topografía de la Cueva de las Calaveras. 218
Figura 1. Localización de las tres cavidades estudiadas en su contexto regional (Tamaulipas, México). 223
Figura 2. Vista general de la ubicación de la Cueva de la Sepultura desde el cono aluvial a la salida del valle. Trabajos de prospección e identificación de especies vegetales. 224
Figura 3. Vista general del tramo final y más profundo de la Cueva de la Sepultura durante la exploración y prospección arqueológica. Las líneas indican la estructura geológica de la cueva con el buzamiento de los estratos y la actuación de la tectónica que daría lugar al conducto original. 225
Figura 4. Planimetría general de la cueva de la Sepultura (secciones, planta y alzado). 226
Figura 5. Localización, documentación y rescate de elementos arqueológicos en la cueva de las Calaveras. 227
Figura 6. Planimetría general de la cueva de las Calaveras (secciones, planta y alzado). 228
Figura 7. Planimetría general del Abrigo/cueva del Aniversario. 229
Figura 8. Vista panorámica del abrigo del Aniversario (A). Suelo del interior del abrigo y labores de prospección y documentación (B). Muestra representativa de los elementos arqueológicos (cerámica e industria lítica tallada) que se pueden observar en el suelo del abrigo(C). Punta de flecha con escotaduras laterales (D). Metate fracturado localizado cerca de uno de los agujeros de los clandestinos (E). 230

DE LAS TOLDERÍAS AL RANCHO. ARQUEOLOGÍA ESPACIAL DEL POBLAMIENTO RURAL EN EL NORDESTE DE LA PAMPA (1870-1930): MÁS ALLÁ DE LAS NUBES DE PUNTOS EN MAPAS 231
Carlos LANDA, Alfredo MAXIMIANO CASTILLEJO

Figura 1. Área de estudio (Nordeste de la Provincia de La Pampa, Argentina) 245
Figura 2. Izquierda: Sitios arqueológicos y canteras potenciales identificados en el área de estudio: 1- Parera; 2- Solera; 3- Trenel; 4- Vuta Trequén y 5-Lonco Vaca (tomado y modificado de Tapia 2012:70). Derecha: Relación entre asentamientos y rastrilladas registradas durante el período 1881-1890 (tomado y modificado de Tapia 2012:315) 246
Figura 3. Línea de frontera. Extraído de Walther (1980) 247
Figura 4. Arriba derecha, plano general de la Zanja de Alsina, a la izquierda detalle de sector por donde pasa la zanja (líneas discontinuas) y fortines aledaños (A, B, C) (1876-1877). Dirección General de Tierras, Dirección General de Catastro, Sección I, B, relevada por el agrimensor Benjamín Domínguez en 1882. Corte de sección de la zanja de Alsina y soldados trabajando (Walther 1980). Trinchera en sector pampeano de la zanja de Alsina (cerca de Gral Alvear, trabajos arqueológicos 2013). 248
Figura 5. Derecha: Distribución espacial de asentamientos militares y lapso de ocupación en el área de estudio (1878-1879): 1. Chamilcó, 2. Quitrá, 3. Trenquel, 4. Cerca del cuero, 5. Botá-trequén, 6. Tres lagunas, 7. Laguna del Cerro Colorado, 8. Campamento a 15 cuadras de Trecahué (Trecactué), 9. Lagua de Aillancó, 10. Nalal; y 11. Laguna de Ranquilcó (tomado y modificado de Spota 2010:346). Izquierda: Distribución espacial de los conflictos armados entre militares y grupos aborígenes en el área de estudio: 1. Cerca del Cuero, 2. Nalal, 3. Licancha; y 4. Ranquilcó (tomado y modificado de Spota 2010:357) 249
Figura 6. Asentamientos comerciales rurales (casas de negocios, pulperías o boliches). Fragmentos de planimetría con el registro del emplazamiento documentado de una casa de negocios en Alfredo Tham 1901 (Dirección General de Tierras, Dirección General de Catastro). Composición con algunos ejemplos alegóricos (fotografía y grabados costumbristas) acerca de entidades comerciales rurales. 250
Figura 7. A la izquierda Estación Mariano Miró (foto Carlos Landa, 2012). A la Derecha imágenes aéreas y satelitales (Google Earth) del antiguo emplazamiento del pueblo Mariano Miró. Abajo, foto de la Estación de Caleufu (ca 1911, Depto de Rancul, La Pampa) de similar estilo arquitectónico (AHP, Fototeca Bernardo Graff 2014). 251
Figura 8. Derecha: Plano de distribución de sitios y distribución fitogeográfica en Tapia y Durssart 2013:363. A la izquierda, ejemplo de cambio del paisaje: explotación intensiva del calden en la Pampa a principio del siglo XX (centro oeste de la Provincia de La Pampa). 251
Figura 9. Algunas componentes del pasado accesible desde la materialidad arqueológica y otras fuentes: ¿cómo percibimos a aquellos agentes y sus acciones más allá del registro arqueológico? Ejemplos: izquierda tolderías indígenas (en Casamiquela 2000), derecha asentamientos militares (Fortín Sauce corto en Pozzo 1879 (MR) y abajo hallazgos arqueológicos en Posta el Caldén 252

MENHIRES PREHISTÓRICOS EN EL SECTOR NORORIENTAL DE LA MESETA NORTE ESPAÑOLA. ANÁLISIS ESPACIAL CONCERNIENTE A LA HIPÓTESIS DE UNA ALINEACIÓN ESTRUCTURADA Y SINCRÓNICA 253
Rodrigo VILLALOBOS GARCÍA, Miguel Ángel MORENO GALLO, Javier BASCONCILLOS ARCE, Germán DELIBES DE CASTRO

Figura 1. Localización de los menhires conformantes de la alineación atendiendo a los ejemplares excavados (en mayúsculas) y su encuadramiento en el contexto de la península Ibérica.....261
Figura 2. Distribución de los menhires y los recursos hídricos según el MTN del IGN (fuentes, ríos y lagunas) y resultados del test de significación K-S descrito en el texto. 262
Figura 3. Distribución de los menhires y de las rutas de menor coste generadas según se describe en el texto. 263
Figura 4. Distribución de los menhires, de la ruta de menor coste menhir por menhir, las áreas del límite de la percepción, las cuencas de visibilidad y el tiempo calculado para recorrer cada tramo. 264

Retos actuales

RENOVARSE O MORIR. UN NUEVO PARADIGMA PARA EL "SITE CATCHMEN ANALYSIS"..... 266
Francisco BURILLO-MOZOTA, Fernando PÉREZ-LAMBÁN José Luís PEÑA-MONNE, Jesús V. PICAZO MILLÁn

Figura 1. A) Territorio agrícola de una aldea moderna de Palestina. B) Territorio de explotación pastoril moderno desde Nahal Oren. C) Clasificación de los usos del suelo en el Wadi el Mughara (Higgs y Vita Finzi, 1972, fig.1, 2, y 4). 273
Figura 2. Uso del suelo en torno a Tell Gezer (Palestina), x = límite de 1 hora, X = Límite de 2 hora. A) Neolítico Final / Calcolítico. B) Edad del Bronce Tardío / Primera Edad del Bronce (Webley, 1973, fig. 3 y 4).....274
Figura 3. "Situación topográfica y análisis territorial de El Cabezo de Monleón (izquierda) y San Cristobal de Mazaleón (derecha). Obsérvese la similitud topográfica y de recursos: Punteado = suelos arables, rayado vertical = suelos potencialmente arables y rayado horizontal = monte bajo, improductivo" (Ruiz-Zapatero y Fernández-Martínez, 1984, fig. 44). 275
Figura 4. Hallazgos arqueológicos en el territorio Salabrosos-Fuenlozana (Mora de Reubielos, Teruel). (F. Burillo *et al*, 1984, fig.2).276
Figura 5. Usos potenciales de suelos en Los Millares (Gilman y Thornes, 1985, 43).....277
Figura 6. Campiña del Alto Guadalquivir: A) "Fases VI-VII. Distribución de asentamientos sobre el potencial productivo de los suelos". B) "Fases VI-VII. Potencial productivo teórico de los asentamientos con al intervención de la distancia (radios R de 1, 3 y 5 kms.) (Nocete, 1994, fig. 122). 278
Figura 7. Cambios en los aprovechamientos agrícolas alrededor del poblado de la Edad del Bronce de Los Collados (1 km). A: Fotografía aérea que muestra el carácter árido y deforestado de la zona, con gran superficie yerma. B: Aprovechamiento actual de la zona. Las escasas zonas arables se corresponden principalmente a los fondos de las vales. C: Unidades geomorfológicas, básicas para plantear y entender la evolución del medio. D: Reconstrucción de los usos potenciales en la Edad del Bronce. Aumenta la superficie arable pero sobre unidades diferentes a las actuales: una mayor conservación de las plataformas estructurales y de la superficie de erosión de yesos ofrecería más superficie llana sobre la que habría suelo fértil. Las laderas suministrarían pasto y recursos forestales. Los fondos de las vales presentarían rellenos menos desarrollados y sujetos a las características hidrológicas y vegetales de los barrancos bajo unas condiciones más húmedas. 279

Contextos teóricos y aplicabilidad

EL ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS ACUMULACIONES TEMPORALES

THE SPATIAL ANALYSIS OF TEMPORAL ACCUMULATIONS

ACHINO Katia Francesca[1]

CAPUZZO Giacomo[2]

BARCELÓ Juan Antonio[3]

Resumen

Las trazas de las acciones sociales en el pasado, detectables a través del análisis del registro arqueológico, constituyen la evidencia material básica para poder inferir patrones sociales y económicos de las sociedades del pasado. En particular, queremos abordar el problema de las acumulaciones formadas por agregaciones discretas de artefactos, huesos, estructuras y desechos. Estas categorías se pueden investigar tanto en el tiempo como en el espacio utilizando un enfoque probabilístico dentro del marco de la geoestadística. Punto de partida para el análisis que queremos llevar a cabo son los conceptos de recuento y frecuencia: denominamos recuento a la enumeración de observaciones de dichas evidencias, y frecuencia al cálculo del número de veces que cierto suceso tuvo lugar en relación a la longitud del intervalo de tiempo a lo largo del cual el suceso se repitió. A la hora de analizar el registro arqueológico hay que tener en cuenta tanto los procesos deposicionales como los post-deposicionales que han producido el depósito tal como es: tan sólo de esta manera podemos entender si las evidencias materiales observables son el resultado de un único fenómeno arqueológico homogéneo que puede ajustar a procesos estadísticos (como los procesos Binomiales o los procesos de Poisson).

Abstract

Traces of past human social actions were fossilized in the visible archaeological record. In particular, we address discrete accumulations formed by aggregations of artefacts, bones, structures and debris. These categories can be investigated both in time and in space using a probabilistic approach within the framework of geostatistics. The concepts of counting and frequency are the starting point for our analysis: we define counting the enumeration of observed evidences, and frequency the number of times a certain event took place in relation to the length of the time-span in which the event is repeated. When we study the archaeological record have to take into account both depositional and post depositional processes which produced the deposit as it is now: only in this way, we can understand if the observable material evidences are the result of a single homogeneous archaeological phenomenon that can follow statistical processes (such as the Binomial or Poisson processes).

Palabras clave: acumulación, procesos deposicionales y post-deposicionales, estadística

Keywords: accumulation; depositional and post-depositional processes, statistics

INTRODUCCIÓN

Las consecuencias materiales observables en el registro arqueológico son el resultado de eventos que tuvieron lugar en un determinado espacio y en un particular intervalo de tiempo. A través del análisis de la "abundancia" de dichas evidencias materiales, podemos inferir patrones sociales y económicos de las sociedades del pasado. Las puntas de lanzas descubiertas en tumbas masculinas en una necrópolis, los fragmentos de vasijas de cerámica decorada con motivos geométricos y los restos de talla en un nivel de ocupación son ejemplos de esta "abundancia". Para cuantificar estas evidencias materiales podemos utilizar una distribución binomial que nos permite detectar si un evento tuvo o no tuvo lugar en el pasado. Mientras que en el primer caso el registro arqueológico estará compuesto por las consecuencias materiales de dicho evento, en el segundo detectaríamos su ausencia.

[1] Laboratorio de Arqueología Cuantitativa (LAQU), Departament de Prehistòria, Facultat de Filosofia i Lletres, Edifici B, Universitat Autònoma de Barcelona 08193 Bellaterra-Barcelona (España), katiafrancesca.achino@uab.cat
[2] Laboratorio de Arqueología Cuantitativa (LAQU), Departament de Prehistòria, Facultat de Filosofia i Lletres, Edifici B, Universitat Autònoma de Barcelona 08193 Bellaterra-Barcelona (España), giacomocapuzzo@gmail.com
[3] Laboratorio de Arqueología Cuantitativa (LAQU), Departament de Prehistòria, Facultat de Filosofia i Lletres, Edifici B, Universitat Autònoma de Barcelona 08193 Bellaterra-Barcelona (España), juanantonio.barceló@uab.es

Aunque tradicionalmente se haya asumido que el agente principal responsable de la creación de las distintas agregaciones discretas de artefactos, huesos, estructuras y desechos sólo era el comportamiento humano, sin embargo hoy en día la mayoría de los arqueólogos reconocen también el papel central de los procesos de formación del depósito arqueológico y los procesos post-deposicionales. Como ya se mencionó, los eventos sociales (acciones) están vinculados a un espacio y un tiempo, que definen su extensión; por lo tanto los procesos de acumulación están conectados intrínsecamente con estos conceptos, tanto en una escala macro (por ejemplo el aumento demográfico en una región o los fenómenos expansivos sobre un amplia área geográfica) como en una escala micro (como todos los procesos que tuvieron lugar en un asentamiento, por ejemplo los procesos de descarte y de abandono).

ESTUDIO DE LA ACUMULACIÓN EN EL PASADO: LA DIMENSIÓN TEMPORAL

En cuanto a la noción de tiempo, nuestro interés es aislar los fenómenos de acumulación a través de la detección de discontinuidades, que pueden ser cuantificadas mediante las dataciones radiocarbónicas. Un período histórico se puede definir como un intervalo cualitativo de tiempo en el cual un número indeterminado de actos individuales tuvieron lugar. Estos peculiares eventos "históricos" se deben considerar en términos de la incidencia de las acciones sociales llevadas a cabo por alguien que produjo algo en un lugar *L* y en un tiempo *T*. En general, la duración de un período histórico se puede estimar en términos de la duración temporal de las acciones sociales realizadas.

En este marco teórico los ejemplos más conocidos son el modelo introducido por Nelson (1909) (Fig.1) y Ford (1962) y él elaborado por Ottaway (1972). Mientras que el primero se creó para poder medir las variaciones en el tiempo de diferentes decoraciones cerámicas con el fin de averiguar la presencia de fases cronológicas homogéneas, el segundo se introdujo para cuantificar un período utilizando un conjunto de dataciones radiocarbónicas. Ottaway creó el concepto de *floruit cultural*, que se define como un periodo de tiempo en el que se produjo el 50% de los artefactos de un grupo humano específico en una determinada área geográfica (Fig. 2). El *floruit* de un sitio arqueológico se puede definir de la misma manera (Aitchison *et al.* 1991).

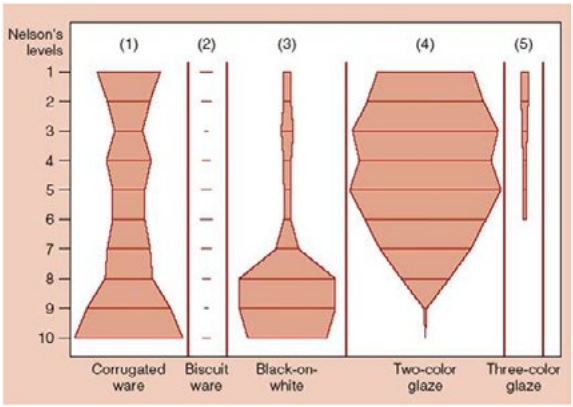


FIG. 1

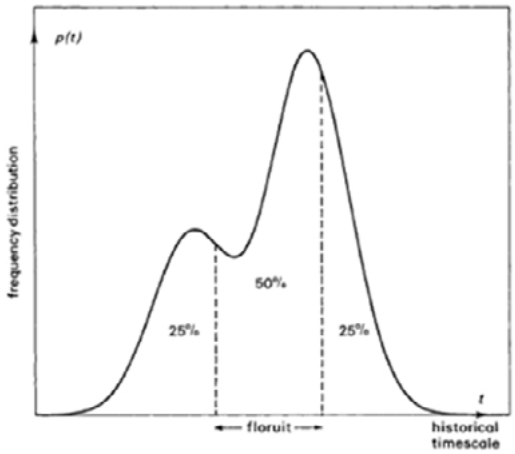


FIG. 2

ESTUDIO DE LA ACUMULACIÓN EN EL PASADO: LA DIMENSIÓN ESPACIAL

En cuanto a la noción de espacio hemos detectado tres marcos teóricos que hay que tener en cuenta a la hora de estudiar las acumulaciones en el pasado. El primero está expresado por la ley de Tobler, según la cual "todo está relacionado con todo lo demás, pero las cosas cercanas están más relacionadas que las cosas lejanas" (Tobler 1970). Esta definición constituye un concepto clave para poder identificar patrones documentados en el registro arqueológico y se basa en el "principio de vecindad" (Boyce *et al.* 1967, 1971; Fix 1975), que relaciona la intensidad de la semejanza en zonas y regiones cercanas. Por un lado, en un espacio macro el estudio de la acumulación de características particulares (las tipológicas de los artefactos o las estrategias de ocupación de los asentamientos) nos permite definir los grupos y las fronteras culturales que los separan. Por otro, en un espacio micro las acumulaciones son el resultado de una acción social del pasado y por lo tanto pueden describir, en un marco probabilístico, áreas funcionales específicas de un asentamiento.

A la luz de esta discusión resalta el hecho que tradicionalmente las acumulaciones se hayan estudiado de forma diferente en relación con el tiempo y el espacio. Sin embargo no hay tiempo sin espacio como no hay espacio sin tiempo. De hecho, los procesos que queremos abordar están intrínsecamente vinculados tanto al concepto de tiempo como al de espacio. A nivel grafico el cumplimiento de la ley de Tobler se puede visualizar a través de un gradiente (Fig. 3) definido por un campo vectorial cuya magnitud está directamente relacionada a la intensidad del cambio de la variable analizada (p.ej. distribución espacial de los valores $x_1, x_2, x_3 \ldots x_n$ de una variable z). De hecho, el gradiente nos es más que la variación de intensidad de una variable por unidad de distancia entre un centro (origen) y un lugar. A nivel matemático, en el cálculo vectorial el gradiente de un campo escalar f es un campo vectorial que apunta en la dirección en que la derivada direccional es máxima.

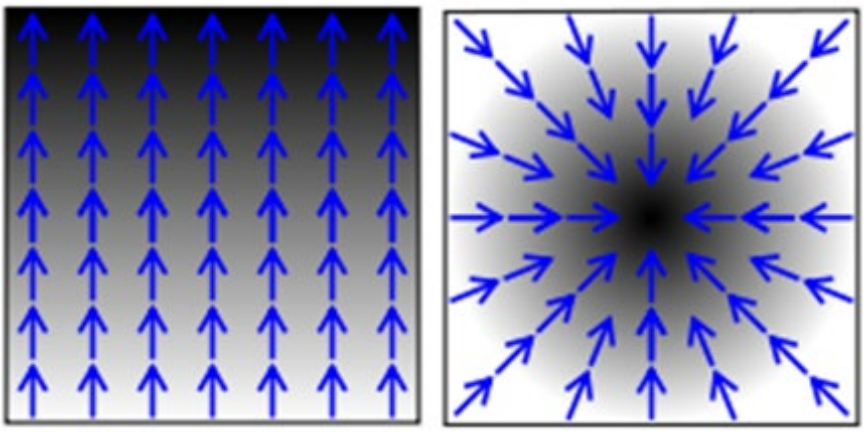


FIG. 3

LOS PROCESOS POST-DEPOSICIONALES

Sin embargo, si asumimos dos diferentes intervalos de tiempo T_1 y T_2, la calidad de un evento puede cambiar como consecuencia de la acción de los procesos culturales y naturales, que modifican las características del registro arqueológico y a veces también su ubicación (desde E_1 hasta E_2). Por ejemplo, el mismo fragmento de hueso de la especie s de forma x que un tiempo T (en el momento de su deposición) estaba en un lugar Z, se hallará por los arqueólogos en forma x_1 en un tiempo T_1 y en un lugar Z_1. Eso se debe a los cambios que las evidencias materiales sufren por causa de los procesos post-deposicionales: entre otros los procesos fluviales, el transporte, la solifluxión, la actividad de roedores, la agricultura contemporánea (Wood & Johson 1978; Rowlett & Robinson 1982; Villa 1982; Carr 1984: 116; Schiffer 1987; Taylor 2000; Hilton 2003; Brantingham *et al.* 2007). Si asumimos que los conjuntos arqueológicos son agregados de elementos individuales, podemos inferir que estos interactúan con diversos agentes de modificación de manera estadística. Por ejemplo, un único proceso deposicional puede dar lugar a diferentes evidencias materiales en el registro arqueológico, y un solo registro arqueológico puede contener las consecuencias materiales de muchos procesos deposicionales (Schiffer 1987; Stein 1987; Hassan 1987; Leonardi 1991; Castro *et al.* 1993; Estevez 2000; Brown *et al.* 2005). A la luz de estas posibilidades, hay que reconocer que la mayoría de las acumulaciones arqueológicas no son el resultado exacto de un evento de deposición discreta o un único proceso. Además los procesos post-deposicionales suelen causar desorden en los patrones de distribución de los artefactos en el registro arqueológico y por consiguiente un aumento de la entropía. Pérdida, descarte, reutilización y decadencia se enumeran entre los diferentes procesos de formación del registro arqueológico, pues entre la acción social y sus consecuencias materiales (Schiffer 1972, 1975; Hassan 1987; Schiffer 1987; Rossignol & Wandsnider 1992; Mameli *et al.* 2002; Lucas 2012). Estos procesos hacen que los conjuntos arqueológicos sean más amorfos, que la densidad de los artefactos sea más baja, menos homogénea su densidad interna, menos claros sus límites,

y más similar (o al menos asimétrica) su composición. Por otra parte, algunos procesos post-deposicionales pueden aumentar el grado de agrupación entre los artefactos, como consecuencia del azar (Ascher 1968; Carr 1984). Además, una fuente de error considerable a la hora de describir la acción social en el pasado es la variabilidad que caracteriza los procesos post-deposicionales tanto en su duración en el tiempo como en su magnitud en el espacio. Sus consecuencias más importantes hacen referencia a la posible reducción o desaparición de algunas clases de materiales mientras que otras se acumularían proporcionando una visión distorsionada de la realidad que las originó (Brain 1980; Lyman 1987).

Dentro de este marco, Surovell y Brantingham (2007) han analizado los efectos de los procesos post-deposicionales sobre las evidencias arqueológicas, logrando detectar que la probabilidad de supervivencia de un yacimiento arqueológico es inversamente proporcional a la edad del sitio (Fig. 4). Eso significa que en el registro arqueológico los materiales más recientes se encuentran en mayor cantidad respecto a los an tiguos y además la forma de la función relativa a la abundancia no es lineal (Surovell & Brantingham 2007, p. 1868).

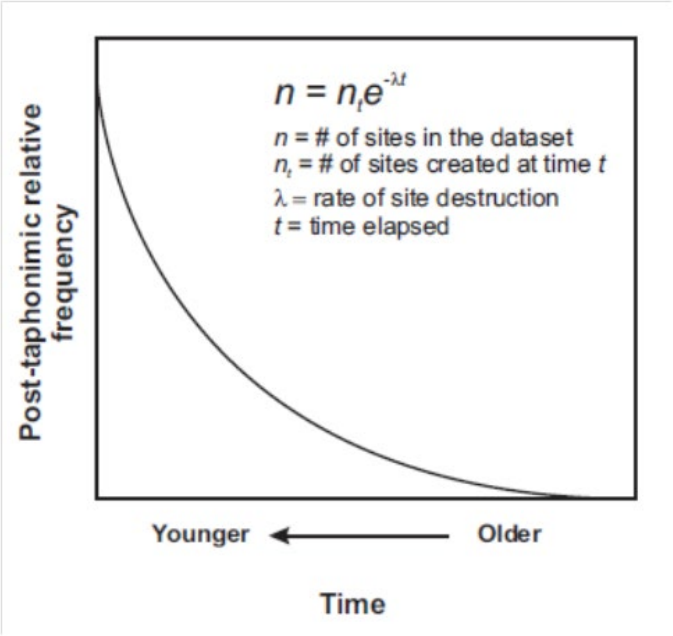


FIG. 4

Con lo cual, ¿podemos considerar la evidencia material del registro arqueológico como una imagen fiable de las acciones sociales llevadas a cabo en el pasado? ¿Las diferencias entre las frecuencias esperadas y las frecuencias observadas de las variables *a, b, c…z* reflejan las diferencias en la probabilidad de que algo producido en el pasado pueda preservarse tal cual en el presente? En las próximas páginas intentaremos responder a estas preguntas.

DE LA OBSERVACIÓN A LA INTERPRETACIÓN

El hecho de que no podamos predecir el resultado de un solo evento deposicional no quiere decir que la cantidad de artefactos observados no se pueda analizar, debido a las alteraciones del registro. En la mayoría de los casos concretos, debemos hablar de causas múltiples y de complejas relaciones causales, más que del indeterminismo o de la aleatoriedad intrínseca. Los objetos de nuestro estudio tienen que ser "los conjuntos deposicionales" que en una dinámica invertida han generado las consecuencias materiales que hoy en día constituyen el registro arqueológico.

La solución práctica a esta paradoja es considerar que una secuencia de eventos que constituyen un proceso, en cualquier etapa contiene elementos afectados por la incertidumbre, o la interacción estocástica. Por ejemplo, la probabilidad de la existencia de P_2 (la probabilidad de la presencia de consecuencias post-deposicionales) determina los cambios en P_1 (probabilidad de la presencia de evidencias materiales en el registro arqueológico). Por tanto, el proceso se puede definir estocásticamente, en cuanto es un sistema que se desarrolla en el tiempo y en el espacio según leyes probabilísticas (Cox & Miller 1965; Karlin & Taylor 1998; Brzeźniak & Zastawniak 1999; Durett 2010). Por consiguiente, causa y determinación

se pueden definir como una función de probabilidad entre los eventos sociales, los eventos post-deposicionales, y el aspecto material, que se definen en términos de forma, tamaño, composición, textura y ubicación.

Finalmente, lo que podemos investigar es la posibilidad de detección de las consecuencias de estos eventos en el registro arqueológico conservado y la probabilidad de que algo producido en el pasado se haya conservado en el presente. Punto de partida para este análisis son los conceptos de recuento y frecuencia.

RECUENTO Y FRECUENCIA: ¿DOS CARAS DE LA MISMA MONEDA?

Llamamos recuento a la enumeración de observaciones de las evidencias arqueológicas dentro de la misma variable o la misma unidad. Por otro lado, se puede denominar frecuencia el cálculo del número de veces que cierto suceso tuvo lugar en relación a la longitud del intervalo de tiempo a lo largo del cual el suceso se repitió. Todos estos eventos ocurren de forma independiente dentro de un intervalo de tiempo y de espacio concreto. La clave para entender la diferencia entre recuentos y frecuencias reside en que para calcular la frecuencia de un suceso que se repitió en el pasado debemos contar el número de veces que ese suceso tuvo lugar dentro de un intervalo de tiempo concreto: podemos obtener ese resultado de manera probabilística a través del cálculo de la cantidad de las evidencias arqueológicas. Por ejemplo, un recuento de 1350 restos de talla de sílex en un nivel de ocupación puede parecer muy elevado; aunque, si consideramos que ese nivel tuvo una duración de 300 a*ños,* la frecuencia de los sucesos de las acciones en el pasado debió haber sido muy escasa. En consecuencia, ¿podemos utilizar recuentos de las evidencias materiales que constituyen el registro arqueológico para inferir el número de las acciones que tuvieron lugar en el pasado? Como se mencionó anteriormente, no hay espacio sin tiempo, por lo tanto sería un error comparar diferentes recuentos de evidencias materiales en un espacio determinado sin poder tener en cuenta su intervalo temporal, tanto en una escala micro y semi-micro (áreas de actividades o niveles de ocupación del mismo sitio) como en una escala macro (deferentes yacimientos).

Por el contrario, la comparación de frecuencias del las trazas de las acciones sociales de pasado se lleva a cabo/realiza no sólo en el marco de una misma dimensión espacial (los yacimientos) sino también en un mismo intervalo de tiempo (por ejemplo 300 a*ños)*. Cuanto más limitadas las unidades espacio-temporales de referencia (los contextos), mejor será la estimación de la abundancia de evidencias y así evitaríamos contar dos veces dos fragmentos procedentes del mismo individuo (por ejemplo en el caso de la estimación del número mínimo de individuos en un conjunto de fauna). Cuanto mayor sea el conjunto, mayor será la probabilidad que un fragmento aparezca repetido y que por tanto se considere redundante a la hora de la estimación del número mínimo de individuos. Obviamente, este problema es tanto mayor cuanto más fragmentadas estén las evidencias observadas, menor el tamaño de cada uno de los fragmentos y más difícil su identificación.

Además, las diferencias en las frecuencias observadas reflejan diferencias en las probabilidades de conservación en conexión con fenómenos post-deposicionales. El análisis del recuento y de la frecuencia de los resultados materiales de los eventos sociales producidos en el pasado nos permite reconstruir un proceso o una sucesión de eventos que se desarrolla en el tiempo.

¿Cómo podemos definir un proceso? Desde un punto de vista matemático, se puede definir proceso el conjunto de relaciones y proposiciones entre variables, entidades y parámetros que, a través de una relación de causa-efecto, dan origen a un particular resultado observable que se expresa a través de las mismas variables, entidades y parámetros matemáticos (Giordano *et al.* 2014). En informática, un proceso es una unidad de actividad que se caracteriza por la ejecución de una secuencia de instrucciones, un estado actual, y un conjunto de recursos del sistema asociados (Stallings 2003). En arqueología el concepto de proceso es subyacente a la aparición de los resultados en un espacio, es decir las consecuencias materiales de un evento social que tuvo lugar en el pasado, en este caso en concreto el proceso de acumulación.

ACUMULACIÓN DE RECUENTOS: EL PROCESO BINOMIAL

En caso de que los datos arqueológicos disponibles se ajustan a un proceso de acumulación con dos posibles resultados (presencia o ausencia) y las variables que componen el proceso son independientes entre ellas podemos definir este proceso como un proceso binomial. El proceso binomial es un proceso estocástico que se lleva a cabo en un tiempo discreto y describe la probabilidad de que aparezca una unidad de recuento.

La ecuación que describe el proceso es la siguiente:

en la cual P corresponde a la probabilidad que el evento tuvo lugar, n es el número de pruebas realizadas, q representa la probabilidad de que cada prueba haya fallado y en fin es el coeficiente binomial.

Este proceso se caracteriza por ser de difícil aplicación en arqueología porque nos obliga a trabajar con conjuntos de eventos cuyo número debe conocerse con antelación. De todas maneras, en algunos casos específicos ha sido posible aplicar una distribución de Bernoulli para describir un proceso binomial. Un ejemplo en una dimensión macro espacial se encuentra en el análisis geoestadístico de los contextos arqueológicos fechados por el radiocarbono entre el Danubio y el Ebro (Barceló *et al.* 2013). La presencia/ausencia de determinadas variables en el registro se ha podido investigar como el resultado de un proceso binomial ya que conocemos la población inicial formada por el conjunto de yacimientos excavados y, dentro de este marco, la población de yacimientos fechados. Las variables que se han estudiado hacen referencia a diferentes tipologías de artefactos, ritual funerario y estructura del asentamiento y están descritas en términos cuantitativos tanto en el espacio (coordenadas geográficas UTM) como en el tiempo (estimaciones ^{14}C y errores estándar asociados). Sumando sus intervalos de confianza (las acumulaciones temporales) podemos detectar cambios y episodios de discontinuidad en la difusión de la misma variable en un tiempo y espacio conocidos (Gamble *et al.* 2005; Barceló 2008; Steele 2010; Caracuta *et al.* 2012; Williams 2012). Otro enfoque dentro del mismo marco teórico y metodológico ha abordado las acumulaciones de dataciones para inferir procesos de incremento demográfico; varios son los ejemplos en la literatura arqueológica (Gamble *et al.* 2005; Turney *et al.* 2006; Ortman *et al.* 2007; Shennan & Edinborough 2007; Buchanan *et al.* 2008; Smith & Ross 2008; González-Sampériz *et al.* 2009; Oinonen *et al.* 2010; Peros *et al.* 2010; Steele 2010; Tallavaara *et al.* 2010; Johnson & Brook 2011; Pesonen *et al.* 2011; Williams 2012; Armit *et al.* 2013; Martínez *et al.* 2013; Miller & Gingerich 2013). En conclusión, este análisis ofrece la posibilidad de detectar patrones diferentes en espacios y tiempos diferentes, cuya causa se puede reconducir a fenómenos de difusión, de expansión y de crecimiento, tres conceptos que se pueden expresar con la misma ecuación matemática logística.

$$\frac{dN}{dt} = rN\left(\frac{K-N}{K}\right)$$

En la que N representa el tamaño de la población, t es el tiempo, r es la constante que define la tasa de crecimiento y K es la capacidad de persistencia. K se puede definir también como la capacidad de carga y está directamente relacionada con el agotamiento de los recursos que permiten el desarrollo exponencial del crecimiento.

En una dimensión micro-espacial, p.ej. en un yacimiento arqueológico, no podemos justificar que las evidencias materiales detectadas en el registro arqueológico y producidas por un evento social que tuvo lugar en el pasado sean el resultado de un proceso binomial. De hecho, la población muestral no es representativa de la población inicial: no conocemos el número total de vasijas enteras de las que proceden los fragmentos hallados ni tampoco el número total de cabañas cuyas estructuras se han observado en el depósito. Estas consideraciones se pueden aplicar también a otras categorías de artefactos y ecofactos (restos de industria lítica, pólenes y fauna).

Por el contrario, la población muestral se compone de fragmentos de los artefactos producidos por la acción combinada de varios procesos deposicionales y post-deposicionales. Por lo tanto, cabe adoptar un enfoque diferente basado en la estimación de la frecuencia observada de los artefactos en el registro arqueológico. Un ejemplo se encuentra en el palafito del *Villaggio delle Macine* ubicado en la orilla del lago Albano al norte de Roma y fechado entre el Bronce Antiguo y Medio.

ACUMULACIÓN DE FRECUENCIAS: LOS PROCESOS DE POISSON

En este caso, analizamos las frecuencias observables de las consecuencias materiales de un evento que tuve lugar en el pasado, en un espacio y tiempo determinado, para verificar si se pueden ajustar a una distribución de Poisson producida por un proceso de Poisson. Este proceso se puede expresar a través de la fórmula:

En la cual f es la probabilidad que un evento se llevó a cabo en el pasado, k es el número de sucesos de un evento en un intervalo determinado y λ es la media de los sucesos del evento en el intervalo.

Mientras el proceso de Poisson está conectado con el evento repetido en el tiempo en el pasado, por lo contrario la distribución de Poisson es relativa a la manera de distribuirse de los resultados materiales de este proceso de acumulación.

Un ejemplo en una dimensión micro espacial se encuentra en el análisis de las frecuencias observables de diferentes marcadores (tipos cerámicos, huesos, molinos, líticos, postes y estructuras de madera) identificados en el *Villaggio delle Macine* a lo largo de los últimos años. Estos marcadores están conectados con actividades especializadas llevadas a cabo en áreas funcionales particulares (Achino *et al.* 2013).

A raíz de eso, necesitamos interrogarnos sobre la naturaleza de estas actividades. ¿La distribución espacial de las consecuencias materiales de las actividades especializadas que tuvieron lugar en el poblado (como talla de sílex, alfarería,

moledura, actividades de carnicería, hilandería) conectadas con la última fase de vida del sitio y su abandono son el resultado de un único proceso homogéneo?

En ese caso la distribución de artefactos se ajustaría a un proceso homogéneo de Poisson, que describe la probabilidad de que, en una unidad de tiempo/espacio dada, aparezca una unidad de recuento. Los eventos deben ocurrir en un momento y en un intervalo de tiempo dado y sus números de apariciones contadas en intervalos disjuntos son independientes el uno del otro y la distribución de probabilidad del número de ocurrencias contadas en cualquier intervalo de tiempo depende sólo de la longitud del intervalo. Finalmente, la media de números de sucesos en este intervalo tiene que ser constante.

El proceso homogéneo de Poisson está conectado con una acumulación intencional, que en línea teórica puede corresponder a un único evento, como los procesos de almacenamiento del *Villaggio delle Macine*.

La probabilidad de ocurrencia de estas evidencias arqueológicas en un lugar y momento específico es proporcional al intervalo temporal y a la extensión espacial. Además la probabilidad de ocurrencia es independiente de cualquier otra repetición de la misma acción de producción, uso y distribución que tuvo lugar en un momento diferente (no de forma simultánea). Finalmente la distribución de las frecuencias observadas es estable.

Al contrario, si la acumulación no es el resultado de una acción intencional, el conjunto de actividades que tuvieron lugar en el *Villaggio delle Macine* son aleatorias y se han producidos por diferentes razones que no se pueden explicar a través de un solo evento deposicional homogéneo.

En este caso en el intervalo de tiempo considerado, la probabilidad del evento non es proporcional a la duración del intervalo, la posibilidad de que dos o más eventos ocurrieron simultáneamente en el mismo intervalo no puede ser considerada nula y el número de ocurrencias en el intervalo de tiempo depende de lo que ocurrió antes o simultáneamente en otros lugares. Finalmente la distribución de las frecuencias observadas no es estable y está producida por un proceso de Poisson no homogéneo.

CONCLUSIONES

Las evidencias materiales de los eventos sociales que tuvieron lugar en el pasado son el resultado de procesos de formación y deformación tanto antrópicos como naturales. A la hora de investigar y analizar el registro arqueológico hay que tener en cuenta las alteraciones que estos procesos conllevan y las características intrínsecas del depósito. De hecho, ya que no tenemos una máquina del tiempo para poder analizar el registro arqueológico en el momento exacto de su formación, necesitamos reconstruir su deformación analizando el palimpsesto formado por la acción y la interacción de los diferentes agentes deposicionales y post-deposicionales. Para llevar a cabo este tipo de estudio necesitamos herramientas estadísticas que nos proporcionan información acerca de los procesos que han producido el observable arqueológico tal cual lo hallamos hoy en día. Debido a la variabilidad de cada caso de estudio hay que analizar por separado las características del depósito para así detectar qué proceso estadístico se ajusta más a las preguntas arqueológicas que queremos desarrollar. Por lo tanto, podemos utilizar métodos estadísticos para intentar "ver" aquello que no puede "verse".

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación recibe fundos del Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya, de los proyectos PADICAT ("Patrimoni Digital Arqueològic de Catalunya" - Obra Social la Caixa i Asociació d'Universitats Catalanes - Programa RecerCaixa, RECER2010-05). También está financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación con el programa CONSOLIDER-INGENIO (CSD2010-00034) y el proyecto HAR 2012-31036.

REFERENCIAS CITADAS

ACHINO, K. F., M. ANGLE, J. A. BARCELÓ y F. MICARELLI. 2013. The pile dwelling of Villaggio delle Macine: an analysis of the spatial differentiation of social activities, En *Debating Spatial Archaeology. Landscape and Spatial Analysis in Archaeology*, editado por A. G. Moreno, G. J. Sánchez, A. C. Maximiano y J. Rios, Publican, Santander.

ACHINO, K. F., M. ANGLE y F. MICARELLI. 2011. *Uomini e laghi. Correlazioni spaziali e funzionali dell'ultima fase di vita del Villaggio delle Macine*, Trabajo presentado en la reunión científica Le palafitte, Desenzano del Garda (Italy), October 6-8, 2011, en prensa.

AITCHISON, T., B. OTTAWAY y A. S. AL-RUZAIZA. 1991. Summarizing a group of ^{14}C dates on the historical time scale: with a worked example from the Late Neolithic of Bavaria. *Antiquity*, 65: 108-116.

ARMIT, I., G.T. SWINDLES y K. BECKER. 2013. From dates to demography in later prehistoric Ireland? Experimental approaches to the meta-analysis of large 14C data-sets. *Journal of Archaeological Science* 40: 433-438.

BAILEY, G. 2007. Time perspectives, palimpsests and the archaeology of time. *Journal of Anthropological Archaeology* 26: 198–223.

BARCELÓ, J. A. 2008. La seqüència crono-cultural de la prehistòria catalana. Anàlisi estadística de les datacions radiomètriques. *Cypsela* 17: 65-88.

BARCELÓ, J.A., G.CAPUZZO y I. BOGDANOVICH. 2013. Modeling expansive phenomena in early complex societies: the Transition from Bronze to Iron Age in Prehistoric Europe. *Journal of Archaeological Method and Theory 20 (4).*

BRANTINGHAM, P. J., T. A. SUROVELL y N. M. WAGUESPACK. 2007. Modeling post-depositional mixing of archaeological deposits. *Journal of Anthropological Archaeology* 26: 517-540.

BROWN, C. T., W. R. T. WITSCHEY y S. LARRY. 2005. The Broken past: Fractals in Archaeology, *Journal of Archaeological Method and Theory* 12 (1): 37-78.

BRZEŹNIAK, Z. y T. ZASTAWNIAK. 1999. *Basic stochastic processes*, Springer, London.

BUCHANAN, B., M. COLLARD y K. EDINBOROUGH. 2008. Palaeo-Indian Demography and the Extraterrestrial Impact Hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 11651-11654.

CARACUTA, V., G. FIORENTINO y M.C. MARTINELLI. 2012. Plant remains and AMS: dating climate change in the Aeolian Islands (Northeastern Sicily) during the 2nd millennium BC. *Radiocarbon* 54 (3-4): 689-700.

CARR, C. 1984. The Nature of Organization of Intrasite Archaeological Records and Spatial Analytic Approaches to their Investigation. *Advances in Archaeological Method and Theory* 7, editado por M.B. Schiffer, pp.103-222, Academic Press, New York.

CASTRO, P., V. LULL y R. MICO. 1993. Arqueología: algo más que Tafonomía. *Arqueología Espacial* 16-17: 19-28.

DURETT, R. 2010. *Probability: Theory and Examples*. (Fourth Edition) Cambridge University Press, Cambridge.

ESTEVEZ, J. 2000. Aproximación dialéctica a la Arqueológia. *Revista Atlántico Mediterránea de Prehistoria* 3 Cádiz (Spain).

FORD, J.A. 1962. *A Quantitative Method for Deriving Cultural Chronology, Technical Manual I*, Pan American Institute, Washington.

GAMBLE, C., W. DAVIES, P. PETTITT, L. HAZELWOOD y M. RICHARDS. 2005. The Archaeological and genetic foundation of the European population during the Late Glacial: implications for "agricultural thinking". *Cambridge Archaeological Journal* 15 (2): 193-223.

GIORDANO, F. R., W. P. FOX Y S. B. A. HORTON. 2014 *First course in Mathematical Modelling*, (firth edition) Brooks/Cole Publications Company, California.

GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., P. UTRILLA, C. MAZO, B. VALERO-GARCÉS, M. C. SOPENA, M. MORELLÓN, M. SEBASTIÁN, A. MORENO y M. MARTÍNEZ-BEA. 2009. Patterns of human occupation during the early Holocene in the central Ebro basin (NE Spain) in response to the 8.2ka climatic event, *Quaternary Research* 71: 121-132.

HASSAN, F. A. 1987. Re-forming archaeology: a foreword to natural formation processes and the archaeological record, en *Natural formation processes and the archaeological record*, editado por D. T. Nash y M. D. Petraglia, BAR Internarional Series 352, Oxford.

HILTON, M. R. 2003. Quantifying Post-depositional redistribution of the archaeological record produced by Freeze-Thaw and Other Mechanisms: an Experimental Approach. *Journal of Archaeological Method and Theory* 10 (3): 165-202.

JOHNSON, C.N. y B.W. BROOK. 2011. Reconstructing the dynamics of ancient human populations from radiocarbon dates: 10000 years of population growth in Australia. *Proceedings of the Royal Society* 278: 3748-3754.

KARLIN, S. y H. M. TAYLOR. 1998. *An introduction to Stochastic Modeling*, Academic Press, San Diego.

KELLY, R.L. y D. H. THOMAS. 2012. *Archaeology*, KY.

LUCAS, G. 2012. *Understanding the archaeological record*, Cambridge University Press, Cambridge.

LEONARDI, G. 1991. *Processi formativi della stratificazione archeologica*, atti del seminario internazionale "Formation Processes and Excavation Methods in Archaeology: Perspectives". Dipartimento di Scienze dell'Antichità - Università degli Studi di Padova, Padova.

MARTÍNEZ, G., G. FLENSBORG y P. D. BAYALA. 2013. Chronology and human settlement in northeastern Patagonia (Argentina): Patterns of site destruction, intensity of archaeological signal, and population dynamics. *Quaternary International* 301: 123-134.

MILLER, D.S. y J. A. M. GINGERICH. 2013. Regional variation in the terminal Pleistocene and early Holocene radiocarbon record of eastern North America. *Quaternary Research* 79: 175-183.

OINONEN, M., P. PESONEN y M. TALLAVAARA. 2010. Archaeological radiocarbon dates for studying the population history in eastern Fennoscandia. *Radiocarbon* 52 (2): 393–407.

ORTMAN, S.G., M.D. VARIEN y T. L. GRIPP. 2007. Empirical Bayesian methods for archaeological survey data: an application from the Mesa Verde region. *American Antiquity* 72 (2): 241-72.

PEROS, M.C., S. E. MUNOZ, K. GAJEWSKI y A.E. VIAU. 2010. Prehistoric demography of north America inferred from radiocarbon data. *Journal of Archaeological Science* 37: 656-664.

PESONEN P., J. KAMMONEN, E. MOLTCHANOVA, M. OINONEN y P. ONKAMO. 2011. Archaeological radiocarbon dates and ancient shorelines - resources and reservoirs, Proceedings of the seminar "The Sea Level Displacement and Bedrock Uplift" (Pori, Finland, 10–11 June 2010). *Posiva Working Report* 2011-07: 119–129.

ROSSIGNOL, J. y L.WANDSNIDER. 1992. Space, time and archaeological landscapes, Plenum Press, New York.

ROWLETT, R. M. y M. C. ROBBINS. 1982. Estimating original assemblage content to adjust the post-depositional vertical artifact movement, *World Archaeology* 14:73-83.

SCHIFFER, M. B. 1972. Archaeological context and systemic context. *American Antiquity* 37:156-165.

SCHIFFER, M. B. 1975. The effects of occupation span on site content. In The Cache River archeological project, editado por M. B. Schiffer y J. H. House. Arkansas Archeological Survey, *Research Series* 8:265-269.

SCHIFFER, M. B. 1987. *Formation processes of the archaeological record*, University of New Mexico Press, Albuquerque.

SHENNAN, S. y K. EDINBOROUGH. 2007. Prehistoric population history: from the Late Glacial to the Late Neolithic in Central and Northern Europe. J*ournal of Archaeological Science* 34 (8): 1339-1345.

SMITH, M.A. y J. ROSS. 2008. What happened at 1500-1000 BP in central Australia? Timing, impact and archaeological signatures. *The Holocene* 18 (3): 387-396.

STALLINGS, W. 2003. *Fundamentos de seguridad en redes: aplicaciones y estándares*, Pearson Prentica Hall, Madrid.

STEIN, J. K. 1987. Deposits for Archaeologists, en *Advances in Archaeological Method and Theory* (11), editado por M.B. Schiffer, pp. 337-395, Academic Press, New York.

STEELE, J. 2010. Radiocarbon dates as data quantitative strategies for estimating colonization front speeds and event densities. *Journal of Archaeological Science* 37: 2017-2030.

TALLAVAARA M., P. PESONEN y M. OINONEN. 2010, Prehistoric population history in eastern Fennoscandia. *Journal of Archaeological Science* 37 (2): 251–260.

TAYLOR, J. 2000. Cultural depositional processes and post-depositional problems, in *Extracting meaning from Ploughsoil Assemblages* editado por R. Francovich, H. Patterson H, pp. 16-26, Oxbox, Oxford.

TURNEY, C.S.M., M. BAILLIE, J. PALMER y D. BROWN. 2006. Holocene climatic change and past Irish societal response. *Journal of Archaeological Science* 33 (1): 34-38.

VILLA, P. 1982. Conjoinable pieces and site formation processes. *American Antiquity* 47:276-290.

WILLIAMS, A.N. 2012. The use of summed radiocarbon probability distributions in archaeology: a review of methods. *Journal of Archaeological Science* 39 (3): 578-589.

WOOD, W. R. y D. L. JOHNSON. 1978. A survey of disturbance processes in archaeological site formation. *Advances in archaeological method and theory* Vol. 1, editado por M. B. Schiffer, pp. 315-381, Academic Press, New York.

POSIBILIDAD DE DETECCIÓN DE "RASTRILLADAS" Y OTROS CAMINOS ANTIGUOS A TRAVÉS DEL USO DE IMÁGENES ÓPTICAS Y DE RADAR EN LA ZONA DE TANDILIA, PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

POSSIBILITY OF DETECTION "*RASTRILLADAS*" AND OTHER ANCIENT ROADS WITH THE USE OF OPTICAL AND RADAR IMAGES IN THE TANDILIA AREA, BUENOS AIRES, ARGENTINA

Fabián Bognanni[1]

RESUMEN

El arribo de los conquistadores europeos en América provocó una vertiginosa modificación en la vida de los pueblos originarios. El ganado introducido, principalmente vacuno, equino y ovino, comenzó a formar parte de una vasta red de circulación comercial que conectaba la pampa bonaerense con el mercado chileno a través de distintos pasos cordilleranos.

Se propone hallar evidencias empíricas de la explotación y tráfico del ganado en la zona de Tandilia (Provincia de Buenos Aires) a través del estudio e identificación de las supuestas vías de comunicación utilizadas por los pueblos indígenas: las "rastrilladas" o caminos de indios. Para esto se utilizó el cruzamiento de información histórica (duplicados de mensuras del siglo XIX), imágenes satelitales (ópticas y de radar) y trabajos de prospección en el terreno. Se expone la dificultad del intento de ubicar los antiguos trazados de rastrilladas. Si bien fue posible detectar rasgos lineales en el terreno que pueden ser coincidentes con algunos caminos antiguos, no se logró una vinculación con pueblos indígenas de manera efectiva. Los duplicados de mensuras permitieron el reconocimiento de un patrón radial de caminos antiguos con centro en la ciudad de Tandil (Fuerte Independencia en el año 1823), lo que evidenciaría su origen criollo-europeo.

Palabras clave: rastrilladas; caminos antiguos; imágenes satelitales; duplicados de mensuras; Tandilia

ABSTRACT

The arrival of European settlers in America led a dizzying change in the lives of the native peoples. The cattle introduced mainly bovine, equine and ovine, became part of a vast network of circulation connecting the Buenos Aires Pampa's to the Chilean market through various mountain passes.

We aim to find empirical evidence of the exploitation and trafficking of cattle in the Tandilia (Buenos Aires) through the study and identification of the alleged communication ways used by indigenous peoples: the "rastrilladas" or Indians ways. For this we was use the crossing of historical information (surveying duplicate of nineteenth century), satellite images (optical and radar) and prospecting work in the field. Here shows the difficulty of the attempt to locate the old paths of "rastrilladas". While it was possible to detect linear features on the ground that can be matched with some old trails, there was no link with indigenous peoples in an effective manner. The surveying duplicate analyzed led to the recognition of a radial pattern of old trails with center in the city of Tandil (Fort Independence in 1823), which would demonstrate its Creole-European origin.

Keywords: "rastrilladas"; old ways; satellite images; surveying duplicate; Tandilia

INTRODUCCIÓN

La llegada de los europeos a América provocó una rápida y gran modificación en la vida de los pueblos originarios del continente. Este contacto entre sociedades tan disímiles determinó un reacomodamiento de muchas condiciones de existencia en los pueblos americanos principalmente; la introducción de animales de gran porte como caballos y vacas, y otros menores como ovejas, cabras y cerdos, indujo una restructuración de la subsistencia y economía de los indígenas. La introducción de estos y otros elementos foráneos no sólo determinó la necesidad de una rápida adaptación a los nuevos componentes y formas de consumo sino que también dio comienzo a un proceso de resignificación de muchos de los

[1] Programa de Arqueología Histórica y Estudios Pluridisciplinarios, Universidad Nacional de Luján y Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Lanús. fabianbogn@hotmail.com

parámetros establecidos hasta el momento. Nuevos conceptos, como el de propiedad privada, fueron ganando terreno a medida que avanzaba la conquista y se establecía la Colonia y luego el Estado Nacional.

Los europeos trajeron a América animales de gran tamaño como vacunos (*Bos taurus*) y equinos (*Equus caballus*), entre otros, muy distintos a los ya conocidos por los nativos. Este ganado foráneo, que durante los períodos de sequía huía hacia el interior en busca de agua y pastos, adquirió la denominación de "alzado" y en poco tiempo, dada las condiciones ecológicas favorables que presenta la región pampeana, se reprodujo notablemente. A las sucesivas generaciones que vivían en libertad, se las denominó como ganado "cimarrón".

El ganado, principalmente vacuno, equino y ovino, comenzó a formar parte de una vasta red de circulación comercial que conectaba la región pampeana bonaerense con el mercado chileno a través de distintos pasos cordilleranos. Este comercio, llevado a cabo inicialmente por distintas parcialidades indígenas, habría comenzado en el siglo XVII pero se consolidaría en el siglo posterior (Mandrini 1993). La zona de las sierras de Tandilia conformaría el extremo este del circuito y punto de partida de la red comercial. Estas sierras eran aptas para el engorde y preparación de ganado antes de la travesía que los llevaría hasta la cordillera de los Andes; además de servir para el control de las tropillas de caballos y vacas capturadas (Mazzanti 1993). En esta zona, el medio ofrece agua en abundancia, buenos pastos y lugares naturalmente creados que posibilitarían el manejo de grandes cantidades de animales, o en su defecto, piedra para la construcción de corrales que suplieran esta carencia.

Los grupos que se encargarían de la captura de los animales habrían sido principalmente los Serranos y Tehuelches Septentrionales (genéricamente son denominados Pampas ya que es posible que ambos grupos formen parte de un mismo pueblo indígena -Mandrini 1993-) para luego intercambiarlos con los Pehuenches, Huillinches y otros grupos que hacían de intermediarios con el mercado chileno. De todos modos no debemos pensar que las redes de intercambio comercial se inician con la llegada de los españoles a la región, Juan de Garay en el año 1580 hace mención de mantas tejidas provenientes del otro lado de la cordillera que eran utilizadas por indígenas en zonas cercanas a las sierras de Tandilia (Araya y Ferrer 1988). Sin embargo, con posterioridad a la lucha por la independencia, el tráfico de ganado deja de ser una empresa manejada por indígenas y algunos españoles y criollos para convertirse en un emprendimiento principalmente criollo, en el cual los militares adquieren mayor participación (Cansanello 1998; Ferrer 1998; Ramos 2008; Bognanni 2012). Es válido preguntarse si todavía es posible hallar evidencias materiales de la explotación y principalmente del movimiento del ganado: esto puede hacerse a partir del análisis del tráfico (tal como lo mencionan diversos documentos escritos) que debería haberse realizado utilizando caminos conocidos por los indígenas: las "rastrilladas" o caminos de indios (entre otros, Marini de Díaz Zorita 1979; Mandrini 1984, Mandrini 1986; Palermo 1986; Curtoni 2007).

El uso del espacio es mucho más que el lugar donde nos asentamos y por donde nos movemos. El espacio representa las relaciones que establecemos con las personas y demás elementos que afectan nuestra existencia; en este sentido, la distancia y accesibilidad hacia los diferentes recursos, así como el espacio interpersonal y social van a afectar la construcción de nuestras viviendas y demás unidades productivas. Esta idea del espacio, distinta para los diferentes grupos humanos, va a condicionar nuestra forma de vida y sobre todo, la forma de relacionarnos con el mundo. En definitiva, todo aquello que hagamos va a estar condicionado por la relación que establezcamos con las cosas. Por esto, es posible llegar conocer algunos aspectos sociales a partir de las relaciones que se establecieron con los objetos producidos por el hombre, ya sean desechos de talla, recintos habitacionales o, como en nuestro cao, vías de acceso a determinados lugares. En este trabajo intentaremos demostrar cómo a través de los análisis espaciales basados en el cruzamiento de información histórica (duplicados de mensura) con imágenes satelitales modernas (ópticas y de radar) es posible obtener algunas derivaciones socio-culturales de pueblos pasados.

LAS "RASTRILLADAS" SEGÚN LOS DOCUMENTOS ESCRITOS, PLANOS Y CROQUIS

Posiblemente antes de la llegada de los españoles, los indígenas utilizaban determinadas sendas o caminos denominados por los europeos como "rastrilladas". El nombre se debe a las características que presentaban en su superficie (Barba 1956; Olascoaga 1974; Mansilla 1980; Zeballos 1986) ya que refiere a las huellas que quedan en la tierra debido el constante paso de muchos animales; por ejemplo, el tránsito de ganado durante las incursiones indígenas en la pampa durante los siglos XVIII y XIX. Luego, parte de estas "rastrilladas" o "caminos de indios" se utilizaron como vías de comunicación por europeos y criollo-europeos durante la formación del Estado Nacional.

Entre los muchos documentos escritos conocidos que hacen referencia a las rastrilladas, aquí sólo se expondrán algunos ejemplos que permitan descripciones de las características de estas sendas. Las dimensiones de estas vías de comunicación fueron descriptas con asombro durante la Campaña al Desierto (1879-1884):

> "*… el ejército en su avance al desierto se valió de ellas, pues constituían como afirma Rómulo Muñiz, las arterias del desierto, resultaba imposible apartarse de las sendas principales, que tenían más de 100 metros de ancho y huellas muy profundas"* (Marini de Díaz Zorita 1979:23).

Otro partícipe de la Campaña al Desierto, el Coronel Manuel Olascoaga hace referencia a sus dimensiones y características:

> *"El piso retraqueado, duro; hondas sendas a dos pies de distancia unas de otras, ocupando entrelazadas y paralelamente una extensión de dos millas; los huesos en descomposición de distintas fechas, todo indicando el tráfico constante desde siglos atrás hasta el presente, de millones de hombres y animales.* (…) *son toda una vialidad entre grandes centros comerciales; son las verdaderas arterias de comunicación, por donde va la vida, la riqueza y el progreso de unos pueblos a otros"* (Olascoaga 1974:166). Luego continúa: "*…hemos entrado a un camino que presenta señales de tanto y tan continuo tráfico que las sendas que lo forman abarcan a lo menos una extensión de 20 cuadras, el piso todo labrado de rastros de animales vacunos y caballares, sembrado de huesos y carroñas y con repetidos indicios de campamentos o paradas de indios"* (Olascoaga 1974:217).

Para fines del siglo XIX, Estanislao Zeballos las define como *"...los caminos que se forman por el continuo tránsito de hacienda y aún a las señales que deja en pos de sí todo arreo o cabalgata*" (Barba 1956:71). Además agrega:

> "*La línea del río Salado, con sus grandes travesías al oeste y al este, es sumamente importante como línea estratégica en la Pampa. Al este de ella han vivido las indiadas de desierto, porque este territorio fértil, poblado de bosques inmensos con aguadas dulces y permanentes y cruzados por una red de caminos carriles, formados al cabo de los siglos, por las innumerables caravanas de indios y arreos de ganado, que los han trillado sin cesar. Estos caminos tienen jornadas precisas, es decir, de aguada a aguada*" (Zeballos 1986:237).

Similar descripción utiliza Lucio V. Mansilla al representar a las rastrilladas como:

> *"los surcos paralelos y tortuosos que con sus constantes idas y venidas han dejado los indios en los campos. Estos surcos, parecidos a la huella que hace una carreta la primera vez que cruza por un terreno virgen, suelen ser profundos y constituyen un verdadero camino ancho y sólido. En plena Pampa, no hay más caminos. Apartarse de ellos un palmo, salirse de la senda, es muchas veces un peligro real; porque no es difícil que ahí mismo, al lado de las rastrillada, haya un guadal en el que se entierren caballo y jinete enteros"* (Mansilla 1980:23).

En esta vasta red de caminos, existían algunos principales como la "rastrillada de los chilenos" que unía los campos de Buenos Aires con las Salinas Grandes en La Pampa para continuar su trayecto hacia la cordillera de los Andes. Otros caminos también importantes eran la "rastrillada de las pulgas" y la "rastrillada de las víboras". A estas sendas principales hay que sumarles innumerables caminos menores que conectaban tolderías, lagunas, aguadas o jagüeles. En definitiva, podemos definir a las rastrilladas como las huellas producidas por el movimiento recurrente de casi todos los animales gregarios que se desplazan en forma conjunta. Es decir que son el resultado de una acción puramente natural, aunque, para el caso de los mamíferos introducidos por los europeos (como caballos, vacas, ovejas y cabras), la dirección y sentido de estos rastros estuvo mediado por la acción de los arrieros humanos. Esta combinación entre elementos "naturales" y "culturales" provoca como resultado una serie de patrones lineales no aleatorios regidos por la intencionalidad humana y que, a su vez, se encuentra inmersos en un conjunto de subjetividades que son propias y particulares para cada pueblo y que van a condicionar la construcción y cosmovisión del paisaje. También las relaciones de poder y territorialidad constituidas entre las distintas parcialidades indígenas y las poblaciones criollo-europeas tuvo que haber mediado en cada decisión, sobre todo en aquellas que implicaran sobrepasar los límites territoriales instaurados, tanto ideal como materialmente, para cada grupo.

Además de las referencias citadas, existen numerosos mapas antiguos en los que puede observarse referencias acerca de "caminos de indios" o rastrilladas. Algunos ejemplos generales de rastrilladas se encuentran en los mapas trazados por los jesuitas José Cardiel en 1751 (Figura 1) o la Carta Geográfica de la Provincia de Buenos Ayres realizada por Pierre Benoit en el año 1828 (Figura 2) que tiene la particularidad de tener que leerse "al revés", es decir que su norte es en realidad el sur.

La posibilidad de que estas rastrilladas puedan hallarse en la actualidad, al menos en forma fragmentaria, es escasa. Basta tener en cuenta que algunos de estos "antiguos caminos" fueron reutilizados en épocas posteriores para la construcción de las actuales rutas nacionales, provinciales y/o caminos menores; por ejemplo, según Barba (1956), la Ruta Nacional N° 5 mantiene el mismo trayecto de la gran rastrillada que conducía a las Salinas Grandes en La Pampa (Barba 1956:91) y la Ruta Nacional N° 9 sigue el recorrido de un Camino Real que fue descrito en 1576 por Don Pedro de Deza en su paso por la actual ciudad de Jesús María, Córdoba (Barba 1956:23). También la Ruta Nacional N° 3 correspondería a una rastrillada (Goldwaser y Cansanello 1995:10).

MATERIALES Y MÉTODO UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS ESPACIAL

Debido a la alta imprecisión espacial que poseen los mapas generales que presentan rastrilladas, sólo se utilizarán los duplicados de las mensuras de la zona de las sierras de Tandil (en la ciudad homónima se encontraba el lugar de emplazamiento del Fuerte Independencia construido en 1823) llevadas a cabo en la segunda mitad del siglo XIX en donde constan algunos caminos que podrían haberse realizado aprovechando el trazados de las antiguas rastrilladas. En la Tabla 1 se observan los duplicados de mensuras utilizados de acuerdo a su denominación, propietario del campo y año de confección.

Las imágenes utilizadas en este trabajo provienen del satélite estadounidense Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) de la órbita Path 225 y Row 086 con fecha del 22 de febrero de 2001 y las bandas corresponden al espectro visible (bandas 1, 2 y 3) además de las bandas 4, 5 y 7 y la banda 8 de carácter pancromático. Además se emplearon imágenes RGB de alta resolución del satélite QuickBird obtenidas del software Google Earth en el año 2010 y 2011. Estas imágenes son producto de los denominados sensores pasivos que aprovechan la energía electromagnética proveniente del sol y que es reflejada por la cubierta terrestre. Un concepto clave en teledetección espacial para comprender las posibilidades de aplicación de los sensores remotos es el de resolución, *"entendiéndose por tal la capacidad que posee de diferenciar señales que están espacialmente próximas o que son espectralmente similares"* (Palacios Jurado y Martín Bueno 2004:339). La resolución se puede definir de acuerdo a cuatro formas: radiométrica, espectral, temporal y espacial. La *resolución radiométrica* hace referencia a la sensibilidad del sensor, es decir, a su capacidad de detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe. Esta radiancia luego es representada en cada uno de los "pixeles" de la imagen a través de su nivel digital (ND); que para el caso de las imágenes Landsat ETM+ es de un rango de 256 tonos de grises posibles (es decir, 2^8 niveles de grises). La *resolución espectral* indica el número y ancho de banda que puede discriminar un sensor y por ende, al rango de longitudes de onda que puede registrar en el espectro electromagnético. El sensor ETM+ de Landsat 7 tiene 7 bandas que van desde el espectro visible (azul, verde y rojo), infrarrojo cercano, medio y termal; además posee una octava banda pancromática. La *resolución temporal* se hace alusión a la posibilidad que tiene el sensor de obtener imágenes de la misma área en el menor tiempo posible. Principalmente está en relación con la órbita y el ángulo de observación y apertura que tiene cada sensor. Finalmente, la *resolución espacial* hace referencia a la menor medida de los objetos que se pueden reconocer con el sensor; es decir, el área del terreno representada por un pixel. Sin embargo, pueden reconocerse rasgos, como caminos y ríos, que tienen un ancho menor que los detectados por el sensor; esto se puede lograr a partir de un gran contraste de reflectividad del rasgo con el medio que lo rodea. Así el ETM+ de Landsat 7 logra una resolución de 30 m (15 m en el modo pancromático) o las imágenes del QuickBird (utilizadas por el Google Earth en sus escenas de alta resolución) con una resolución de 2,44 m en las imágenes multiespectrales y que llegan a tener un pixel de entre 0,61 y 0,72 m en su modo pancromático (QuickBird Imagery Products 2007).

También se utilizó una imagen del radar RADARSAT 1 del 9 de agosto de 1997, que está tomada de forma descendente lo que implica que el satélite se movía en trayectoria norte-sur haciendo que el haz de energía tenga una dirección hacia la izquierda del sensor. Este radar orbita de forma heliosincrónica y con ciclos repetitivos de 24 días. La imagen se adquirió en un modo Standard 1 (S1) con un ángulo de incidencia de unos 24 a 31 grados, un rango de resolución y azimut que varía entre 24 y 27 m, formando una escena con un área nominal de 100 x 100 km. La energía trasmitida posee un plano de desplazamiento en sentido horizontal y es capturada de regreso por el sensor con igual plano. Esto se conoce como polarización horizontal-horizontal o HH y es muy útil en la discriminación de agua y suelo. Este radar corresponde a un sistema denominado SAR (acrónimo de Synthetic Aperture Radar) o Radar de Apertura Sintética que utiliza solamente la banda C de 5,3 GHz y una longitud de onda de 5,6 cm. La gran longitud de onda que posee esta única banda permite la penetración de la atmósfera a través del polvo atmosférico, las nubes, la niebla, la bruma y la lluvia posibilitando colectar datos bajo cualquier condición meteorológica. Debido a que el radar es un sensor activo, la imagen se genera por la relación existente entre la energía de microondas transmitida a la Tierra y la energía reflejada que vuelve de regreso al sensor. Esta energía reflejada se llama retrodispersión y depende de la topografía, la rugosidad del terreno, la orientación de los objetos en el espacio y los niveles de humedad.

Existen grandes diferencias entre los sensores ópticos y de radar. Lo primero que hay que destacar es que el radar trabaja con energía de microondas que en interacción con la superficie terrestre se dispersa de varias formas. Parte de esta energía es retrodispersada de regreso al radar y parte se dispersa de acuerdo a las características del medio con el que interactúa. Las superficies lisas horizontales, como el agua y el pavimento, actúan como un reflector especular reflejando la energía hacia "afuera" del radar, resultando en la imagen como superficies oscuras. En superficies más rugosas se produce una reflexión difusa haciendo que la energía sea mayormente retrodispersada hacia el radar obteniéndose como resultado una imagen en tonos más claros. Los tonos más claros y brillantes corresponden a la reflexión de la energía en dos o tres superficies perpendiculares entre sí, constituyendo los llamados reflectores angulares. Algunos elementos de la naturaleza, como las copas de los árboles, las capas de suelo seco, el hielo o la arena, generan un tipo de difusión altamente heterogénea de la energía electromagnética denominada dispersión de volumen. En términos generales podemos decir que la cantidad de

energía retrodispersada es proporcional a la rugosidad de la superficie; es decir que en un terreno más rugoso, mayor será la energía retrodispersada resultando en tonos más brillantes en la imagen (Marchionni 2001).

La resolución en las imágenes de radar también difiere considerablemente de las imágenes ópticas. En este caso existen dos tipos de resolución: en alcance y en azimut. La resolución en alcance se establece en forma perpendicular a la línea de vuelo y se relaciona con la duración y el tamaño de la longitud de onda del pulso trasmitido. La diferencia de tiempo en la llegada de la señal al sensor provoca la discriminación entre objetos. Por otro lado, la resolución en azimut se establece en dirección a la línea de vuelo y se relaciona con el ancho del haz de energía emitido por el radar. A mayor distancia con el objeto, el haz se hace más ancho y hay menor posibilidad de distinción del rasgo. Sin embargo en los SAR, que poseen una antena "virtual", el haz de energía se mantiene estrecho aún en el campo lejano, por lo que la resolución en azimut se mantiene constante. La suma de la resolución en alcance con la resolución en azimut determina la célula de resolución.

Para poder realizar el cruce de información espacial proveniente de las imágenes satelitales o de los planos de las mensuras del área de Tandil, se utilizó el sistema de coordenadas planas Gauss Krüger (faja 5) con el datum WGS85. El análisis digital de las imágenes se llevó a cabo por medio del software ENVI 4.2 que permite la aplicación de una amplia gama de filtros digitales además de una buena correlación entre datos en formato raster y vectorial. Esto también se logró mediante el uso de Map Analyst 1.3.6 (Jenny y Weber 2006; Jenny y Hurni 2011). Este programa posibilita la extrapolación de información de mapas antiguos con otros modernos y viceversa, permitiendo que la ubicación de ciertos rasgos o elementos sean "transportados" a las imágenes modernas, para determinar con mayor exactitud la ubicación espacial de los mismos. Para esto se utilizó la transformación de Helmert con al menos cuatro parámetros de control geométrico en cada uno de los análisis de los mapas de las mensuras. Finalmente, para el análisis de la distribución espacial de los rasgos identificados se utilizó otro programa de uso libre: el ArcView 3.3 (ESRI 1999).

DETECCIÓN DE CAMINOS ANTIGUOS A TRAVÉS DEL USO DE IMÁGENES ÓPTICAS

La detección de antiguos caminos o rastrilladas tiene un alto grado de complejidad ya que el rasgo tiene características negativas por encontrarse por debajo del nivel del suelo. Otro factor que va a influir en la identificación de sendas y caminos es el hecho que sólo se constituyen como una impronta del terreno ya que no poseen una materialidad intrínseca componente (a menos que invistan algún tipo de cubierta como rocas o asfalto). A estas dos características constitutivas originales del rasgo hay que agregarle los factores de transformación sufridos desde el momento de conformación de las sendas hasta la actualidad. El acelerado proceso agrícola es, posiblemente, la acción transformadora más intensa en el área. La utilización de maquinaria como tractores, sembradoras, cosechadoras, etc. provoca una tendencia niveladora del terreno y con ello una pérdida de las sutiles diferencias del relieve. Otro factor de transformación de las sendas y rastrilladas fue inducido por su posible incorporación a la red vial del Estado Nacional en la conformación de rutas nacionales, rutas provinciales y/o caminos vecinales. Hay que tener en cuenta la lógica posibilidad de reutilización de estas sendas a partir del momento de instalación de comunidades criollo-europeas en la zona desde el año 1823, sobre todo considerando que la apertura de caminos en áreas serranas posee mayores limitaciones que en los terrenos llanos. Los condicionantes planteados para la identificación de las sendas antiguas o posibles rastrilladas hacen que adquiera mayor importancia el análisis de los documentos escritos como los planos de mensura en donde figuran caminos que fueron utilizados desde mediados a fines del siglo XIX.

La gran cantidad de caminos principales (rutas nacionales y provinciales) y secundarios (caminos vecinales y de acceso a las estancias) que se encuentran actualmente en uso hacen prácticamente imposible las identificación de sendas antiguas que se puedan corresponder con rastrilladas. Para sortear este inconveniente es necesario incorporar el dato histórico a través de los duplicados de mensuras. Sin embargo, el trabajo realizado por los agrimensores no estaba estandarizado por lo que existen mensuras con diferentes niveles de detalles, en muchas de las cuales el énfasis estaba únicamente puesto en las medidas perimetrales del campo en detrimento del relevamiento de caminos y demás rasgos internos. También hay que tener en consideración que, a pesar del preciso trabajo realizado por muchos de los agrimensores, existen diferencias espaciales infranqueables provocados por los distintos sistemas de proyección e instrumental utilizado en el siglo XIX que no permite una exacta correspondencia entre los caminos relevados de las mensuras y la demás información espacial utilizada (imágenes satelitales, cartas topográficas, etc.), provocando un desfasaje de varios cientos de metros entre las distintas coberturas. Por este motivo es que no sólo hay que tener en cuenta la ubicación de los rasgos sino también los detalles de las formas que permitan una mejor identificación de las sendas.

En la Figura 3 se observa sobre un "*background"* de la red de caminos actuales, obtenidos a partir de las cartas topográficas de la zona, a las sendas relevadas en las cuatro mensuras utilizadas. El trazo del *"camino del Tandil al Azul"* y un camino sin nombre se obtuvo del duplicado de mensura Tandil N° 104, lugar de la denominada Estancia Los Bosques, propiedad de Miguel Ciriaco Figueroa del año 1896. El primero de los caminos hace referencia a los dos lugares que conecta (Tandil y Azul) y tiene una forma y ubicación similar a un segmento de la Ruta Nacional 226 que sugestivamente une en la actualidad a estas dos localidades. El segundo camino, innominado en la mensura, se encuentra uniendo al casco

de la estancia con la primera senda y su correspondencia con un camino actual es más dudosa. A partir del duplicado de mensura Tandil N° 74, propiedad de Juan R. Facio y Benjamín Vergéz del año 1885 se obtuvo el dato de otros dos caminos, uno de los cuales es denominado como *"Camino vecinal del Tandil"* y el segundo no posee nombre. El primero de estos caminos tiene cierta correspondencia con la avenida Don Bosco, acceso sur de la ciudad de Tandil, mientras que el segundo camino parece, en principio, que no posee un correlato con ninguna vía de acceso actual. Del duplicado de mensura Tandil N° 60, propiedad de Juan Peña del año 1878 se logró identificar dos sendas denominadas: *"Camino de la Carlota al Tandil"* y *"Camino del Tandil a Bahía Blanca"*. El primer camino posee una dirección semejante a la actual Ruta Provincial 30 y, como su denominación lo indica, estaría vinculando a la ciudad de Tandil con la estancia La Carlota ubicada al sur del partido y que aún mantiene el mismo nombre. El segundo camino coincide con un *"camino principal que une localidades"* relevado de las cartas topográficas Sierra de Tandil y Azucena, ambas del año 1955. El duplicado de mensura Tandil N° 88, propiedad de José Buteler del año 1888 aporta datos acerca la existencia de tres caminos. El *"Camino a Juárez"* se encuentra en el Partido de Tandil, en cercanías del límite con Benito Juárez y es una senda con una bifurcación en sentido oeste que, en principio, no parece corresponderse con ningún camino o ruta actual. El *"Camino a Bahía Blanca"* posee un trayecto semejante a las vías férreas del Ferrocarril General Roca que une las localidades de Azucena y Barker y al camino actual que existe a su lado; cabe destacar que es la continuación del *"Camino del Tandil a Bahía Blanca"* de la mensura anteriormente descripta (Tandil N° 60). Aproximadamente la mitad del trayecto del *"Camino a Bahía Blanca"* se encuentra en Tandil y la otra mitad está en Benito Juárez, en dirección al sudoeste. También se encuentra una senda denominada *"Camino a la cantera"* que tampoco se condice con algún camino actual y posiblemente hace referencia a la cantera de arcilla ubicada en la sierra sin nombre lindante con el Cerro Los Angelitos y próxima a la ciudad de Barker en Benito Juárez. Por último, se observa el *"Camino al Carmen de Fernández"* en dirección al sudeste y que posee un segmento que parece coincidir, de manera muy general, con la huella que une a la estancia Azucena con la estancia La Elvira (según las cartas topográficas Barker y La Pacífica).

Para el caso de la mensura de Miguel C. Figueroa, en la cual a simpe vista se evidencia cierta correspondencia entre las sendas de fines de siglo XIX y los caminos actuales, es necesario efectuar algún procedimiento que permita corroborar esta vinculación. Una forma para lograr el cruce de la información espacial de los caminos de las mensuras y las rutas y caminos actuales es a través de un software denominado Map Analyst 1.3.6 (Jenny y Weber 2006; Jenny y Hurni 2011). Este sencillo programa tiene la particularidad de extrapolar información entre mapas antiguos y modernos.

Se identificaron siete puntos coincidentes ubicados entre el perímetro del croquis de la mensura y una imagen satelital de alta resolución del Google Earth; cuatro de los puntos estaban ubicados en la trayectoria del arroyo Chapaleofú, dos en el cruce de las vías del ferrocarril General Roca (Ferrocarril del Sud en la mensura) con el límite del campo de Figueroa y el *Camino del Tandil al Azul* y el último punto de referencia estaba entre las vías del *Ferrocarril de las Canteras* que figura en la mensura en cercanías al Cerro Leones en el límite sudeste del campo y que pudo ser reconocido en la imagen satelital ya que actualmente perduran como vías en desuso. Utilizando el método de transformación Helmert de al menos cuatro parámetros se generó en la mensura, y sobre la base de los puntos de referencia, una grilla de distorsión con una rotación de 2°, un desvío estándar de 3,90 y un error medio de posición de 6 m, lo que significa que la relación espacial entre las referencias del mapa antiguo y la imagen moderna son relativamente constantes y sin grandes inconsistencias. Después de comprobar la existencia de una coherencia significativa entre el croquis y la imagen, es posible realizar la extrapolación de datos espaciales vinculados a diferentes rasgos de interés, en nuestro caso los caminos que figuran en las mensuras. De esta forma podemos evaluar que el *"Camino del Tandil al Azul"* no se corresponde con la Ruta Nacional 226 como se había creído en un principio sino con el acceso a la Base Aérea que tiene su origen en el cruce con la Ruta Provincial 30, muy cerca de la ciudad de Tandil. Este acceso continúa en dirección al noroeste y de forma paralela a la Ruta Nacional 226 llegando a la ciudad de Azul en donde se lo conoce como el "camino viejo a Tandil". El rastro se pierde en el cruce con la Ruta Nacional 3 y parece que no se convierte en un acceso a la ciudad, aunque es posible que la urbe se haya expandido sobre su trayecto, y de haber continuado en esta dirección habría llegado a la actual estación del ferrocarril Roca. Hay que recordar que el Ferrocarril del Sud llega a Azul en el año 1876 y la estación jamás cambió de lugar. El segundo camino, sin nombre, se genera en una bifurcación del anterior y su primer segmento, en dirección oeste, se corresponde con la actual Ruta Nacional 226, luego la senda cambia su rumbo hacia el sudoeste y se dirige a la zona de sierras (cerro Chato, La Federación, etc.) y actuales canteras. Inmediatamente después, continúa sobre la margen derecha del arroyo Los Sauces, afluente del Chapaleofú y culmina su trayecto en la estancia Los Bosques. A pesar de algunas diferencias espaciales entre el camino de la mensura y el actual, no cabe duda que existe correspondencia entre ambas vías, aunque puedan existir algunas modificaciones de pequeños segmentos. En la Figura 4 se muestra el resultado final del proceso de correspondencia de los caminos que se encuentran en la mensura.

Por otro lado, el croquis de la mensura de Facio y Vergéz no posee tantos puntos de referencia como en el caso anterior por lo que simplemente se correlacionó la cobertura vectorial georreferenciada de los caminos (*"Camino vecinal del Tandil"* y el camino sin nombre) con una imagen Landsat 7 ETM+ RGB 321 de base (Figura 5). En esta imagen se aprecia como el segmento inicial (más cercano a la ciudad) y el final (más al sur y sin asfaltar) del *"Camino vecinal del Tandil"* tienen correspondencia con la avenida Don Bosco, acceso sur de la ciudad. El segmento medio del camino no parece

correlacionarse, al menos en esta instancia de análisis, con ninguna senda o vía de comunicación. El camino sin nombre tampoco parece tener un correlato en la imagen e incluso se encuentra atravesando un pequeño cerro de 278 m.s.n.m. por una zona de difícil acceso.

A partir de la información espacial obtenida mediante la superposición de la imagen satelital y los datos de la mensura, se realizó la prospección en el terreno para determinar si existía correspondencia con algún camino y de esta forma, evaluar el método utilizado. Se tomaron fotografías en el lugar establecido por la intersección de la Ruta Provincial N° 74 con el *"Camino vecinal del Tandil"* y el camino innominado (Figura 5a y 5b, respectivamente).

En el lugar establecido como el punto donde el "*Camino vecinal del Tandil*" debía cruzar a la ruta 74 se observa que no consta ninguna evidencia de la existencia de un camino (Figura 5a), sino que, en cambio, hay una loma bastante rocosa que imposibilitaría el recorrido efectivo de una senda. Esta falta de concordancia espacial evidenciada en el terreno estaría implicando dos cosas: por un lado, la posibilidad que este segmento del camino se encuentre cubierto por el avance de los cultivos provocando un cambio considerable en el paisaje actual y por otro lado, un probable desfasaje espacial provocado por el error propio del método, principalmente vinculado con las posibilidad de georreferenciar un croquis con las características de los duplicados de mensura. En cambio, el camino innominado coincidió, aunque no de forma exacta, con una senda que actualmente funcionaba como punto de ingreso a un campo cultivado (Figura 5b). Como ya se planteó, la posibilidad de que estos caminos que funcionaron, al menos, durante parte del siglo XIX no hayan sido destruidos sino reutilizados es una circunstancia factible.

A partir del croquis del duplicado de mensura Tandil N° 60 de la propiedad de Juan Peña se realizó la vinculación espacial entre el *"Camino de la Carlota al Tandil"* y una imagen Landsat ETM+ RBG 321 de la zona de la actual Ruta Provincial 30 (Figura 6). En esta imagen (A) se observa al camino de la mensura georreferenciado dispuesto de manera paralela a la ruta y que, a pesar del desfasaje existente, se aprecia una sugestiva analogía espacial entre ambas vías de comunicación. Para comprender mejor la posible vinculación entre estas sendas, se modificó la ubicación espacial del camino para superponerlo a la imagen satelital y así observar que existen coincidencias entre cinco cambios de dirección del camino y la ruta (ver señalizaciones en imagen B). Sin embargo, en la parte media del camino de la mensura se observa una zona curva que no tiene analogía con la ruta.

Hay que tener en cuenta que la Ruta Provincial N° 30 surca longitudinalmente un gran valle que divide al área de estudio en dos mitades: una al este y otra al oeste. La ubicación estratégica de ambos caminos permite que estos caminos se caractericen por poseer grandes trayectos rectos ya que mantienen cierta distancia con los mayores afloramientos rocosos y demás serranías de la zona. Reflexionando acerca de las similitudes y diferencias que se evidencian entre ambos caminos, podemos plantear dos posibilidades: por un lado, que sólo se hayan utilizado segmentos del camino de, al menos, durante fines del siglo XIX para la construcción de la ruta provincial; por otro lado, es posible que el "*Camino de la Carlota al Tandil"* haya influido en la elección del lugar y forma de la ruta pero que esta senda antigua haya sido cubierta por el avance del loteo de campos y la posterior actividad agrícola. Para poder determinar esta última posibilidad se utilizarán, más adelante, imágenes de radar que permitan reconocer rasgos lineales en el terreno.

Por otra parte, el *"Camino del Tandil a Bahía Blanca"* se caracteriza por poseer una bifurcación que permite la conformación de dos caminos con similar dirección, pero distanciados en el segmento final por unos dos km. El camino de la mensura que se encuentra más al norte coincide, en general, con un *"camino principal que une localidades"* cartografiado en las cartas topográficas Sierra de Tandil y Azucena (año 1955), mientras que el que se halla al sur de este coincide con las actuales vías del Ferrocarril General Roca en dirección a la estación Azucena (Figura 7). En la primera imagen (A) de la Figura 7 se observa a ubicación georreferenciada del camino de la mensura apreciándose una coincidencia general con la imagen de base; sin embargo en la segunda imagen (B) al hacer concordar el punto de bifurcación de los caminos de la mensura con el cruce entre el camino y las vías férreas de la imagen satelital, y al estirar la imagen en sentido longitudinal, se observan mayores coincidencias, principalmente en el segmento de las vías del tren. La baja coincidencia de puntos diagnósticos entre el *"Camino del Tandil a Bahía Blanca"* y los caminos y vías férreas de la imagen otorga cierta desconfianza en cuanto al cruce de ambos datos. Sin embargo, la mayor correspondencia en la imagen con el camino de la mensura modificado arbitrariamente permite suponer una coherencia entre ambos datos espaciales. En relación con esto, cabe preguntarse qué nivel de error tenían los agrimensores de finales del siglo XIX al realizar las mensuras de los campos en la zona serrana de Tandilia.

El duplicado de mensura Tandil N° 88, propiedad de José Buteler del año 1888, tiene la ventaja de poseer rasgos reconocibles, por lo que la interpolación de su información a la imagen de satélite puede ser bastante precisa utilizando el programa Map Analyst 1.3.6. En primer lugar, se reconocieron cinco puntos identificables tanto en la mensura como en la imagen de satélite Landsat 7 ETM+ (RGB 321): 1. el cerro Los Angelitos ; 2. la sierras sin denominación al sur del cerro Los Angelitos; 3. la sierra de La Juanita; 4. la estancia La Azucena y 5. el cruce de caminos al lado del arroyo Chapaleofú. En la Figura 8a y 8b, pueden observarse los rasgos identificados en ambas imágenes (la imagen satelital y la mensura).

Aplicando el método de transformación Helmert con cinco parámetros se generó en la mensura, y sobre la base de los puntos de referencia, una malla de distorsión con una rotación de 47° hacia la derecha con respecto a la imagen de satélite (Figura 8b), un desvío estándar de 19,73 y un error medio de posición de casi 28 m, lo que significa que la relación espacial entre las referencias del mapa antiguo y la imagen moderna está siendo afectada por algunas de los puntos de referencia. Los puntos que más distorsión otorgan a esta malla son los puntos 1 y 2, es decir que la relación entre estos puntos, al ser llevada a la imagen Landsat, son los que menos se corresponden con las distancias en el terreno. Sin embargo, el desvío provocado por estos dos puntos de referencia es, relativamente, poco significativo y, por otro lado, los demás puntos (3, 4 y 5) mantienen las relaciones espaciales correspondientes entre sí, tanto en el terreno como en el duplicado de mensura.

De esta manera, en la Figura 8c se observa la aplicación de la malla en sentido inverso; se coloca sobre la imagen satelital a la malla extrapolada del duplicado de mensura con sus puntos identificados como referencias y todos los caminos que fueron relevados. El *"Camino a Juárez"* no posee, en esta instancia de análisis, una coincidencia evidente con ningún camino conocido. El denominado *"Camino a Bahía Blanca"* tiene sus segmentos extremos de forma casi paralela al actual camino y vías del Ferrocarril General Roca que une la localidad de Azucena con Barker (y la estación de trenes La Negra). Sin embargo, el segmento del medio y de mayor tamaño difiere por varios cientos de metros con el trayecto de este camino actual o las vías del tren, aunque tiene una tendencia similar en su forma. Por su parte, el señalado *"Camino a la cantera"*, segmento bifurcado hacia el sudoeste del camino anteriormente citado, coincide con la zona del valle formado entre la sierra innominada que se encuentra al sur del cerro Los Angelitos y el cerro La Juanita, por donde actualmente pasa el camino a la cantera de arcilla. Por último, el *"Camino al Carmen de Fernández"* tiene una exigua correspondencia con una huella que vincula a las estancias de La Azucena con La Elvira. Hay que destacar que hacia el sudeste de esta mensura se encontraba la propiedad de Carmen Z. de Aguilar y hacia el sur, en el actual Partido de Benito Juárez en el límite con Tandil, se establecían los campos de Juan N. Fernández. Cabe preguntarse si la designación del citado camino surge del nombre de los dueños de algunas de estas propiedades.

DETECCIÓN DE CAMINOS ANTIGUOS A TRAVÉS DEL USO DE IMÁGENES DE RADAR

Hasta el momento se estuvo trabajando con imágenes multiespectrales de Landsat 7 ETM+, es decir sobre respuestas de sensores pasivos. Sin embargo, las imágenes del radar RADARSAT 1, al ser generadas por sensores activos, pueden facilitar un relevamiento de rasgos que hasta el momento permanecían invisibles. Esta clase de sensores con longitudes de onda mucho mayores que los anteriores permiten atravesar la atmósfera e incluso las capas superficiales del sedimento terrestre dependiendo de la humedad y la polarización de la onda. La sensibilidad en relación a la topografía es uno de los aspectos más interesantes; las pendientes, incluso las leves, que se encuentran enfrentadas al sensor tienen una señal de retorno mayor permitiendo la creación de una imagen del relieve con gran cantidad de información geomorfológica. Los elementos brillantes son provocados por una buena reflexión del haz de la microonda debido a la rugosidad de la superficie, mientras que los elementos oscuros son resultado de una superficie especular en donde el haz no tiene una reflexión efectiva como ocurre en superficies lisas como los cuerpos de agua en calma o carreteras.

En la Figura 9 se observa el área en que se encuentran los cuatro caminos relevados del duplicado de mensura Tandil N° 88 (el *"Camino a Juárez"*, el *"Camino a Bahía Blanca"*, el *"Camino al Carmen de Fernández"* y el *"Camino a la cantera"*) en una imagen de radar RADARSAT 1 (Figura 9a) y en una imagen pancromática de Landsat 7 ETM+ con un recuadro de otra escena de alta resolución del Google Earth (Figura 9b). La imagen pancromática permite la identificación de elementos en un rango de longitudes de onda mayor que la sensibilidad del ojo humano ya que se establece entre los 0,52 a 0,90 µm. A pesar que en esta instancia de análisis no se evidenciaron rasgos que fueran concordantes con los caminos relevados que figuran en el documento histórico, sí se logró identificar dos elementos lineales que podrían corresponder a una rastrillada. El primer elemento lineal posee una longitud aproximada de 5,75 km y presenta una dirección noroeste - sudeste, paralela al actual camino que une la localidad de Azucena con la estancia La Azucena. El rasgo se pierde en el cruce con el arroyo Viejo Malo, afluente del Chapaleofú Grande. El segundo elemento lineal es de menor tamaño (unos 3 km) y tiene la misma dirección que el primero e incluso tiene una tendencia a unirse por el extremo sudeste. Esta forma "en horqueta" que tienen los elementos en conjunto hace pensar en la posibilidad de que no sean sendas sino paleocauces. Sin embargo, el escurrimiento superficial de los arroyos cercanos es perpendicular a la dirección que poseen los rasgos lineales ya que las cotas disminuyen hacia el noreste.

Por otro lado, se advierte una zona de variación en el tono de la imagen de radar que posiblemente se relacione con un aumento de la humedad en el terreno y por ende, con cambios en la conductividad. Esta zona, que posee alturas levemente menores que en la adyacencia, parece haber estado inundada en algún momento, conformando una pequeña laguna. La identificación de zonas de antiguas lagunas o cursos de agua son un buen indicativo de áreas con potencial arqueológico, pero en este caso de carácter prehistórico. Hay que tener en cuenta que los elementos lineales descriptos se hallan, en parte, en esta zona baja y aun así son identificables por lo que se deduce que corresponden a un momento de formación posterior.

Las imágenes de radar se caracterizan por estar compuestas por el *speckle* o ruido producido por la respuesta de la señal que determina una estructura aleatoria de los elementos pictóricos causados por la interferencia entre las ondas electromagnéticas dispersadas por la superficie del terreno o los objetos que allí se encuentran. Cuando la señal del radar incide sobre la superficie, cada punto contribuye a dispersar la energía, cuyas fases de onda en la señal y cambios de potencia son sumados coherentemente en la señal reflejada. Después de que las señales son reflejadas o dispersadas, éstas pueden reunirse para generar respuestas muy altas o muy bajas en la imagen, dependiendo si la interferencia es del tipo constructiva o destructiva, produciendo puntos brillantes u oscuros.

La disminución del ruido provoca, a su vez, una disminución de la información existente en la imagen por lo que no siempre es recomendable la aplicación de estas técnicas. Existen varias formas de disminución del ruido; el software ENVI 4.2 permite la aplicación de *"filtros adaptativos"* que se basan en el uso del desvío estándar de los píxeles circundantes para calcular el nuevo valor de cada píxel. Los filtros adaptativos preservan las formas y detalles de las imágenes suprimiendo el ruido. En la Figura 10a se observa la aplicación de una sucesión de dos filtros adaptativos: Frost y Lee. El filtro Frost reduce el ruido y mantiene los bordes ya que es un filtro de forma exponencial amortiguado y circularmente simétrico que utiliza las estadísticas locales. Cada píxel es remplazado por un valor calculado sobre la base de la distancia del centro del filtro, el factor de amortiguamiento y la varianza local (Shi y Fung 1994). El filtro Lee reduce el moteado (*speckle*) de los datos que están relacionados con la intensidad de la imagen y además posee un componente aditivo y/o multiplicativo. Esta aplicación también se basa en el desvío estándar de los datos de los estadísticos calculados de las ventanas filtradas de manera individual, provocando que cada píxel filtrado sea reemplazado por el valor calculado de los píxeles de alrededor. De esta forma la imagen preserva la forma y los detalles pero elimina el ruido (Lee 1980). A partir de la aplicación de estos filtrados es posible apreciar con mayor detalle al rasgo lineal en forma "de horqueta" que se identificó en la imagen. Sobre esta imagen filtrada se utilizó la aplicación *"erosión"* (con una matriz de 3x3 y dos ciclos) de la morfología matemática para eliminar los conjuntos pequeños de píxeles de forma que el elemento estructural (denominado *kernel*) de la imagen en escala de grises quede mejor representado (Figura 10b). En esta imagen se pierde el rasgo lineal en forma de "horqueta" pero se identifica otro elemento, también lineal, que atraviesa la escena en dirección noreste-sudoeste. Este elemento no se relaciona con ningún curso de agua ni senda conocida, además no es identificado en ninguna otra imagen multiespectral. En la imagen de radar filtrada (Figura 10a) se encuentra un segmento levemente perceptible perteneciente al extremo sudoeste de este nuevo lineamiento hallado, sin embargo la mitad correspondiente al noreste no puede identificarse. Cabe preguntarse: ¿es posible que la sucesión de filtrados haya provocado un patrón aleatorio que se evidencia como un lineamiento de gran tamaño, aunque no lo sea?

En la Figura 11a se observa una imagen Landsat 7 ETM+ (RGB 321) con la ubicación de los caminos documentados en el plano de la mensura. A partir de una imagen de RADARSAT 1 se aplicó un filtro detector de bordes *Roberts* seguido por otro direccional con una matriz de 3x3 y un ángulo de aplicación de 315°:

0	0,7071	1,4142
-0,7071	0	0,7071
-1,4142	-0,7071	0

De esta forma se logró identificar un elemento lineal de características similares a un camino (Figura 11b): ¿es el mismo que figura en el plano de la mensura con el nombre de "*Camino vecinal del Tandil*"?, de ser así ¿corresponde a una "rastrillada"?, ¿existe algún tipo de relación entre la estructura lineal observada y el camino?

Existe la posibilidad concreta de que este rasgo lineal corresponda al camino relevado en la mensura del año 1885 y que actualmente se encuentre oculto por el parcelamiento de los campos utilizados en producciones agrícolas; sin embargo aún no existe evidencia que esta senda haya sido una "rastrillada" de origen indígena.

Para el trabajo de campo, se ubicó un punto en la intersección del elemento lineal identificado con la actual Ruta Provincial N° 74 a fin de intentar registrar fotográficamente al rasgo. De esta manera se logró identificar visualmente, mejor a cierta distancia que de cerca, a una hondonada más o menos lineal que atravesaba un campo cultivado (Figura 11c). Debido a la linealidad del rasgo identificado a través de la imagen de radar y las características evidentemente naturales que se observaron en el terreno, cabe la posibilidad de seguir tres líneas de interpretación: 1. el elemento lineal corresponde a un paleocauce actualmente sedimentado y cultivado intensamente; 2. el elemento lineal identificado en la imagen de radar no es el mismo que el fotografiado en el terreno. Como se planteó con anterioridad, es posible la existencia de cierto margen de error durante el proceso de georreferenciación, lo que implicaría un corrimiento de decenas e incluso centenas de metros en el terreno; 3. la geoforma fotografiada es simplemente un desnivel de origen natural que no tiene relación alguna con el resultado del análisis digital de la imagen de radar. En este caso, el elemento lineal identificado sería producto de una aleatoriedad, consecuencia de los distintos procesos de filtrado utilizados.

La imposibilidad metodológica de determinar el origen de las sendas identificadas como rastrilladas es limitante ya que no existen registros escritos de ellas hasta la llegada de los españoles y es poco factible el hallazgo de evidencia material asociada. Si bien es probable que alguno de esos caminos hubiera existido antes de la conquista europea y la introducción de nuevos animales, también es necesario insistir que muchas de estas vías de acceso fueron reutilizadas durante la conformación del Estado Nacional para la constitución de rutas nacionales y provinciales, caminos secundarios y probablemente, durante la construcción de vías férreas.

CAMINOS ANTIGUOS, RASTRILLADAS O CAMINOS DE INDIOS: ¿SON EQUIPARABLES ESTAS DENOMINACIONES?

Las rastrilladas son las improntas producidas por el movimiento constante de prácticamente casi todos los animales gregarios que se movilizan en forma conjunta, desde las hormigas hasta los grandes mamíferos como caballos o vacunos que habitaron libremente por la Pampa Argentina. Son el resultado de una acción puramente natural, aunque, para el caso de los mamíferos grandes y medianos introducidos por los europeos como caballos, vacas, ovejas, cabras, etc. la dirección y sentido de estas huellas estuvo influido por el accionar de los arrieros humanos en su movilización de un punto a otro. Este accionar conjunto natural-cultural deja como resultado patrones lineales no aleatorios guiados por el interés humano. Indudablemente la intencionalidad se encuentra cargada de subjetividades propias a cada grupo humano que van a condicionar la construcción de paisaje establecido. Así también, las relaciones de poder y territorialidad establecidas entre las distintas parcialidades indígenas y criollas europeas durante este momento de gran dinamismo (siglo XVII al XIX) tuvo que haber influido en cada decisión, principalmente en aquellas que provocaran un traspaso de los límites territoriales (difusos o no) de cada pueblo.

Como observamos, los caminos de las mensuras de la zona de Tandilia han sido, al menos en parte, reutilizados para la conformación de la red actual de vías de circulación como rutas nacionales, provinciales y caminos secundarios. Cabe pensar que esta propensión, muy lógica por cierto, de reutilizar las anteriores vías de comunicación, también se pudo efectuar durante el establecimiento de los caminos en las épocas en que los criollos se "repartieron" las tierras de Tandilia y que posteriormente fueron mensuradas (segunda mitad del siglo XIX).

Si partimos de la idea de que los caminos registrados en los planos de las mensuras de la zona de Tandilia podrían ser antiguas rastrilladas reutilizadas por las poblaciones criollo-europeas que se asentaron en el área a partir de la década de 1820, es posible analizarlas de acuerdo con los patrones establecidos en los trabajos realizados en el norte (Tapia 2006) y centro-este (Curtoni 2007) de la Provincia de La Pampa (contigua a la Provincia de Buenos Aires, está ubicada hacia el oeste en dirección a los pasos cordilleranos que unen Argentina y Chile), lugar donde se han hallado estas vías de comunicación y que han sido vinculadas temporalmente con el final del siglo XIX y étnicamente con los pueblos ranqueles. Ambos autores plantean una jerarquía de rastrilladas, en al menos, principales y secundarias. Las rastrilladas principales poseían un trazo continuo que atravesaban territorios de distintos grupos humanos y conectaban grandes distancias e incluso regiones distintas; el "camino de los chilenos" es un ejemplo de este tipo de senda. Las rastrilladas secundarias eran caminos de menor longitud y anchura, que no excedían los límites regionales (es decir, intrarregionales) y que vinculaban asentamientos en el interior de un mismo territorio. De acuerdo con Tapia (2006) estas vías eran bifurcaciones de las principales pero que seguían la misma orientación; en cambio para Curtoni (2007) las rastrilladas secundarias conformaban un esquema radial, conformadas desde un punto central, donde se asentaría un cacique poderoso, hacia la periferia de forma concéntrica (centrípeta). Tapia (2006), a su vez, incluye una tercera categoría denominada senderos subsidiarios que se abrían desde cualquiera de los anteriores caminos hacia diferentes direcciones para conectar parajes a cortas distancias o algún rasgo destacado como aguadas, médanos, salinas etc. A pesar de las diferencias, ambos autores coinciden en que las rastrilladas principales estaban estructuradas de acuerdo con el circuito comercial de vacunos y equinos en su travesía desde los campos bonaerenses hacia los pasos cordilleranos (Marini de Díaz Zorita 1979; Mandrini 1994). En cambio, las rastrilladas secundarias (y los senderos subsidiarios) estarían organizadas de forma de poder acceder a recursos específicos para cubrir las necesidades de la vida doméstica dentro de su propia dinámica económica de subsistencia. Aunque Curtoni (2007) también le adjudica al ordenamiento del paisaje una connotación simbólica que incluyen zonas consideradas como "tabúes".

Debido a que no existen estudios espaciales acerca de la disposición de las rastrilladas primarias o secundarias en la zona de Tandilia, son necesarias algunas referencias que puedan aclarar ciertas cuestiones. En principio hay que resaltar que no se tiene información sobre la existencia de alguna rastrillada de importancia en la zona cercana a la actual ciudad de Tandil, pero sí en la vecina localidad de Azul, la cual tenía dirección hacia las Salinas Grandes (Crivelli Montero 1994; Marini de Díaz Zorita S/F). Al respecto:

> *"Cinco mil jinetes a las órdenes de Callvucurá operaban al día siguiente de Caseros en divisiones comandadas por sus tenientes Cachul, Catriel, Namuncurá, Raipil, Carupán, Calvuquir y Cañumil. Cachul y Catriel rompían los tratados con sus lanzas y tomaban a saco el pueblo de Azul, donde apenas encontraban la resistencia aislada*

> *de los vecinos acantonados en sus propios hogares; y en seguida hollaban el camino secular de los chilenos, para incorporarse al malón formidable de Callvucurá"* (Zeballos 1994:40 y 41).

A su vez, Eduardo Crivelli plantea que:

> *"En el siglo XIX, se reconocían varios 'caminos de los chilenos'; uno de ellos partía del Azul, en la frontera, cruzaba las sierras Dos Hermanas, en Olavarría, vadeaba los arroyos Salado, Sauce Corto y Pescado y alcanzaba sucesivamente Guaminí, Carhué y Salinas Grandes, desde donde múltiples rastrilladas apuntaban hacia Chile"* (Crivelli Montero 1994:19).

Ya sea de forma directa o indirecta, a través de un camino subsidiario, la relación espacial entre Azul y la "rastrillada de los chilenos" parece haber sido un hecho. En cambio, para el año 1826, Barba (1956) refiere la existencia de un camino que llegaba a Tandil y que lo conectaba con la zona costera atlántica de Samborombón y Tuyú; además de otra senda que comenzaba en la Laguna del Unco en Buenos Aires, pasando por Remedios, Espadaña, Totoral Chico, Monte, Las Flores, Rauch y que concluía en Tandil. Es decir que los "caminos" existentes estaban más vinculados con Buenos Aires que con las Salinas Grandes u otro lugar hacia el oeste. Sin embargo, no hay que olvidar la existencia de un "camino viejo" que unía a Tandil con Azul y que empalmaba con la actual Ruta Nacional 3, que también es considerada una como una rastrillada (Barba 1956).

Tomando en cuenta a los caminos relevados en los duplicados de las mensuras, se observa que existe un esquema radial que se asemeja al descrito por Curtoni (2007) para la zona centro-este de la Provincia de La Pampa, aunque a una escala considerablemente mayor. Esta radiación concéntrica de caminos (¿rastrilladas?) tiene su origen, en dirección centrípeta, a la actual ciudad de Tandil y lugar de emplazamiento del Fuerte Independencia en el año 1823. Estas extensas sendas llegan a tener más de 15 km de longitud y a diferencia de las descritas por Curtoni, poseen una cantidad considerable de bifurcaciones, lo que puede evidenciar su utilización común por parte de grupos humanos que se asentaban en diferentes lugares o que requerían accesos hacia distintas zonas o recursos. De acuerdo a los nombres que tienen los caminos al momento de la realización de las mensuras es evidente su conexión con Azul, en dirección al noroeste y Bahía Blanca y Juárez hacia el sudoeste. Además de la unión con zonas denominadas Carmen de Fernández y La Carlota en dirección al sur, siendo esta última una estancia localizada en el límite entre Tandil y Necochea. Tanto Azul como Bahía Blanca fueron dos lugares con mucha dinámica y protagonismo durante todo el siglo XIX (recordemos que en el año 1828 se funda la fortaleza Protectora Argentina que da origen a la posterior ciudad de Bahía Blanca).

El trayecto de los caminos se realiza por los valles y zonas de bajas pendientes, con excepción de un camino sin nombre ubicado al noroeste de la ciudad de Tandil y del denominado "*camino de la cantera*". Estas zonas son los lugares más aptos para el pastoreo de animales y, en general, para el movimiento de hombres y carretas; sin embargo, también son las zonas más expuestas del territorio ya que existen muchas posibilidades de visualizar estos movimientos desde las sierras circundantes. En resumen, en este caso, la posibilidad de vincular los caminos antiguos que figuran en los mapas de las mensuras con alguna rastrillada resulta, hasta el momento, prácticamente imposible.

CONCLUSIONES

Intentar ubicar los antiguos trazados de rastrilladas en la zona de Tandilia es una tarea con un alto grado de dificultad. A partir de la teledetección es posible detectar ciertos rasgos lineales en el terreno que pueden ser coincidentes con caminos o sendas; sin embargo para realizar una identificación efectiva como rastrilladas se requiere más información confirmatoria que es imposible de obtener a partir de una imagen satelital o fotografía aérea. El cruce con información documental, como los mapas de los duplicados de mensura del siglo XIX o la cartografía histórica relevada por militares y viajeros pueden facilitar esta determinación aunque puede no ser del todo inequívoca. Además hay que tener en cuenta durante unos doscientos años de asentamientos criollo-europeos estables en esta zona se han modificado considerablemente los campos para su explotación agrícola-ganadera.

La utilización de los croquis confeccionados durante la realización de las mensuras de los campos de Tandil durante la segunda mitad del siglo XIX permitió construir una mejor asociación espacial entre la información documental y el terreno (sobre la base de las imágenes satelitales). No obstante, las denominaciones de las distintas vías de comunicación establecidas en estos documentos no hacen referencia a las rastrilladas sino, simplemente, a caminos innominados o a los centros urbanos que conectan: Tandil, Benito Juárez, Azul, etc. A su vez, la reutilización actual de estos antiguos caminos quedó probada en los trabajos de prospección; también se evidenció la necesidad de desarrollar una metodología más eficaz para estudiar este tipo de rasgo, en donde el registro material asociado es en la gran mayoría de las veces, nulo.

Los caminos relevados presentan un esquema radial cuyo centro es la actual ciudad de Tandil y lugar de emplazamiento del Fuerte Independencia (año 1823); estas sendas se orientan principalmente hacia las direcciones noroeste, sudoeste

y sudeste. Hay que resaltar que en el lugar de emplazamiento del Fuerte Independencia se encuentra la actual ciudad de Tandil y allí, hasta el momento, no se ha registrado ningún hallazgo de un posible asentamiento indígena por lo que la única asociación evidente entre los caminos y este punto es a través de poblaciones criollas. Asimismo, tampoco se ha hallado en la zona circundante a los caminos a ningún asentamiento indígena considerable, como una toldería, que pueda ser vinculada espacialmente con las sendas. Los estudios espaciales llevados a cabo para la determinación de posibles "rastrilladas" no son concluyentes pero, en principio, los caminos analizados serían el resultado de la acción de poblaciones criollas-europeas durante el momento de consolidación de las estancias en el siglo XIX. Sobre todo teniendo en cuenta que la conformación de la poderosa clase terrateniente estuvo marcada por dos momentos de gran importancia: en primer lugar, la concesión de tierras fiscales en enfiteusis durante la presidencia de Bernandino Rivadavia (1826-1827) y la distribución de tierras llevada a cabo luego de la campaña militar de Juan Manuel de Rosas durante 1833 y 1834 (Gaignard 1989). Para ampliar la perspectiva de Gaignard, también se puede incluir la campaña militar de Martín Rodríguez hacia el sudoeste bonaerense -incluyendo las zonas de sierras- durante el período 1820-1824 (Cansanello 1998).

La existencia de un sistema de caminos que permitía la captura, transporte y comercialización de ganado en pie obtenido en los campos bonaerenses y llevados hasta Chile u otros lugares para su comercialización no es ajena a los cambios de circunstancias sociopolíticas de una época. Si bien durante un tiempo este procedimiento habría sido llevado a cabo por distintas parcialidades indígenas e implicaría la conformación de mecanismos de alianzas entre los diferentes grupos, luego se incluyó en esta red comercial, a la participación de criollos-europeos. Esto se fue conformando principalmente después de las guerras por la independencia, resultando en una re-estructuración de todo el circuito comercial. En definitiva, este circuito comercial de ganado es mucho más que un mero movimiento comercial de animales; implica profundas modificaciones en las estructuras internas de las parcialidades indígenas y a su vez, en la conformación del incipiente Estado Nacional. Siendo el ganado un elemento crucial y trascendental en la conformación de alianzas estratégicas entre diferentes parcialidades indígenas y criollas-europeas, representa un tema que posee innumerables aspectos de análisis, tanto de carácter directo como indirecto.

REFERENCIAS CITADAS

ARAYA, J. y E. FERRER. 1988. *El comercio indígena. Los caminos al Chapaleofú*. Taller de Impresiones de la UNCPBA, Tandil.

BARBA, E. 1956. *Rastrilladas, huellas y caminos*. Editorial Raigal, Buenos Aires.

BOGNANNI, F. 2012. *Un estudio acerca del uso del espacio en Arqueología de sitios históricos. "Corraes de indios" y rastrilladas: un análisis interregional*. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. Ms.

CANSANELLO, C. 1998. Pueblos, lugares y fronteras en la provincia de Buenos Aires en la primera parte del siglo XIX. *Jahrbuch für Geschichte Lateinamerikas*. Band 35: 159-187.

CRIVELLI MONTERO, E. 1994. Araucanos en las pampas. *Todo es historia*, N° 323: 8-32.

CURTONI, R. 2007. Análisis e interpretación de las rastrilladas indígenas del sector centro-este de la provincia de La Pampa. *Revista de Arqueología Histórica Argentina y Latinoamericana*, número 1: 65-92.

ESRI.1999. *Arc View 3.2 GIS*. Nueva York: Environmental Systems Research Institute, Inc.

FERRER, E. 1998. *Tandil: De los Corrales de Piedra al Ferrocarril. Una historia de indios y blancos.* Crecer ediciones, Tandil.

FURLONG, G. 1969. *El Trasplante Cultural: Ciencia. Historia Social y Cultural del Río de la Plata 1536-1810*. Tipográfica Editora Argentina (TEA), Buenos Aires.

GAIGNARD, R. 1989. *La Pampa Argentina. Ocupación – poblamiento - explotación de la Conquista a la crisis mundial (1550-1930)*. Ediciones Solar, Buenos Aires.

GOLDWASER, B. y C. CANSANELLO. 1995. *Sargento Mayor Juan Cornell ... de los hechos de armas con los indios. Informe solicitado por el Ministro de Guerra y Marina General Don Juan Andrés Gelly y Obes (1864). Fuentes para el estudio de la historia de la Provincia de Buenos Aires*. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires y Departamento de Ciencias Sociales, Área Historia Americana y Argentina, Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires.

GRAU, C. 1949. *El fuerte 25 de Mayo en Cruz de Guerra*. Publicación del Archivo de Historia de la Provincia de Buenos Aires, N° XXV, La Plata.

JENNY, B. y A. WEBER. 2006. MapAnalyst. ETH Zurich: Institute of Cartography. http://mapanalyst.cartography.ch/S (acceso 15 de marzo de 2012).

JENNY, B. y S. HURNI. 2011. Studying cartographic heritage: analysis and visualization of geometrics distortions. *Computer and Graphics* 35, 2: 402-411.

LEE, J. 1980. Digital Image Enhancement and Noise Filtering by Use of Local Statistics. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. PAMI-2, No.2, March: 165-168.

MANDRINI, R. 1984. Los araucanos de las pampas en el siglo XIX. *Historia testimonial argentina. Nº 22*. Centro Editor de América Latina, Buenos Aires.

MANDRINI, R. 1986. La sociedad indígena de las pampas en el siglo XIX. *Antropología* (Lischetti M. Compiladora), Eudeba. Buenos Aires: 205-230.

MANDRINI, R. 1993. Las transformaciones de la economía indígena bonaerense (ca. 1600 – 1820). *Huellas en la Tierra. Indios, agricultores y hacendados en la pampa bonaerense* (R. Mandrini y A. Reguera compiladores), IEHS, Tandil: 45–74.

MANDRINI, R. 1994. ¿Sólo de caza y robos vivían los indios? Los cacicatos pampeanos del siglo XIX. *Siglo XIX. Revista de Historia* 15: 5-24.

MANSILLA, L. 1980. *Una excursión a los indios Ranqueles*. Vol. 1 y 2. Colección de la Biblioteca Argentina Fundamental, Buenos Aires.

MARCHIONNI, D. 2001. *Conceptos básicos de teledetección por radar. Apuntes teóricos.* Cátedra de sensores remotos, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. Ms.

MARINI DE DÍAZ ZORITA, M. 1979. El *avance de la frontera. Vías de circulación: las rastrilladas*. FCH Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa.

MARINI DE DÍAZ ZORITA, M. S/F. El avance de la frontera. En: Lonquimay Cien www.lonquimaycien.com.ar/para_leer/2-elavancedelafrontera.htm (acceso 7 de octubre de 2010).

MAZZANTI, D. 1993. Control del ganado caballar a mediados del siglo XVIII en el territorio indio del sector oriental de las serranías de Tandilia. *Huellas en la tierra. Indios, agricultores y hacendados bonaerenses.* Tandil: 75-89.

OLASCOAGA, M. 1974. *Estudio topográfico de La Pampa y Río Negro*. Segunda edición: Editorial Universitaria de Buenos Aires, Buenos Aires.

QUICKBIRD IMAGERY PRODUCTS 2007. *Digital Globe, Inc., Product Guide, Revision* 4.7.3, Longmont, Colorado.

PALACIOS JURADO, H. y M. MARTÍN BUENO. 2004. La Teledetección en Arqueología: el instrumento SAR. *SALDVIE*, número 4: 331-361.

PALERMO, M. 1986. Reflexiones sobre el llamado "Complejo Ecuestre" en la Argentina. *Runa.* Archivo para las Ciencias del Hombre N° 16: 157-178. ICA/FFyL-UBA. Buenos Aires.

RAMOS, M. 2008. *Investigación sobre las estructuras líticas de Tandilia.* Tesis de Doctorado, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. Ms.

SHI, Z. y K. FUNG. 1994. A Comparison of Digital Speckle Filters. *Proceedings of IGARSS 94*, August 8-12: 2129-2133.

TAPIA, A. 2006. Integración de asentamientos y vías de circulación aborigen en el norte de la provincia de La Pampa (fines de siglo XIX). *Estudios de Arqueología histórica. Investigaciones argentinas pluridisciplinarias* (Tapia, A.; M. Ramos y C. Baldassarre editores). Museo de la Ciudad de Río Grande, Tierra del Fuego: 283-300.

ZEBALLOS, E. 1986. *La conquista de quince mil leguas*. Hyspamérica, Buenos Aires.

ZEBALLOS, E. 1994. *Callvucurá y la Dinastía de los Piedra*. Ediciones Solar, Buenos Aires.

Fuentes primarias

Duplicado de mensura Tandil N° 60 del año 1878, propiedad de Juan Peña. Ministerio de Infraestructura de la provincia de Buenos Aires, Dirección de Geodesia, Investigación Histórica Cartográfica, La Plata.

Duplicado de mensura Tandil N° 74 del año 1885, propiedad de Juan Facio y Benjamín Verges. Ministerio de Infraestructura de la provincia de Buenos Aires, Dirección de Geodesia, Investigación Histórica Cartográfica, La Plata.

Duplicado de mensura Tandil N° 88 del año 1888, propiedad de José Buteler. Ministerio de Infraestructura de la provincia de Buenos Aires, Dirección de Geodesia, Investigación Histórica Cartográfica, La Plata.

Duplicado de mensura Tandil N° 104 del año 1896, propiedad de Miguel Ciriaco Figueroa. Ministerio de Infraestructura de la provincia de Buenos Aires, Dirección de Geodesia, Investigación Histórica Cartográfica, La Plata.

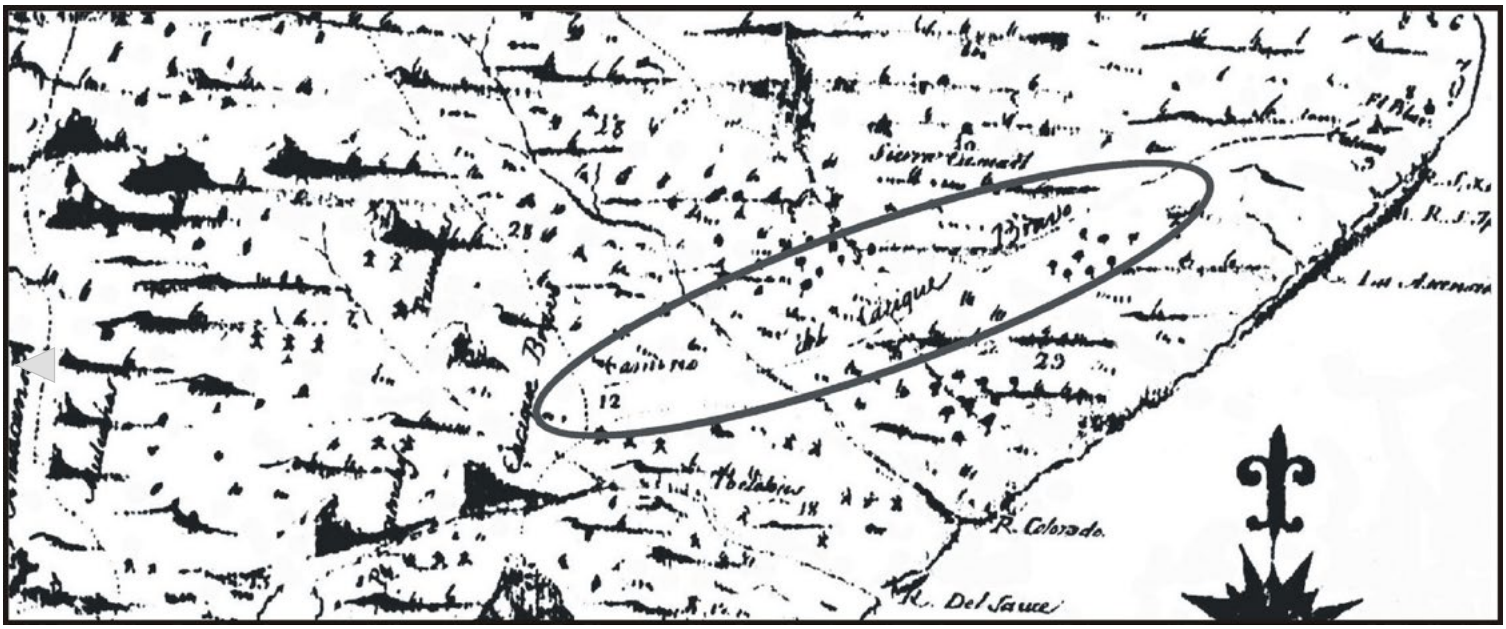


FIGURA 1. PARTE DEL MAPA DE CARDIEL (1751 EN FURLONG 1969). NÓTESE EN LA ELIPSE: "EL CAMINO DEL CACIQUE BRAVO" QUE CORRESPONDERÍA A UNA RASTRILLADA

FIGURA 2. MAPA GEOGRÁFICO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES DEL AÑO 1828 (TOMADO DE GRAU 1949:16 Y 17). NÓTESE EN LA ELIPSE EL CAMINO DENOMINADO "*CAMINO DE LOS INDIOS DESDE EL TANDIL HASTA PATAGONES*" QUE CIRCULA CERCANO AL FUERTE INDEPENDENCIA (MARCADO CON UNA ESTRELLA) Y QUE TIENE DIRECCIÓN AL SUDOESTE

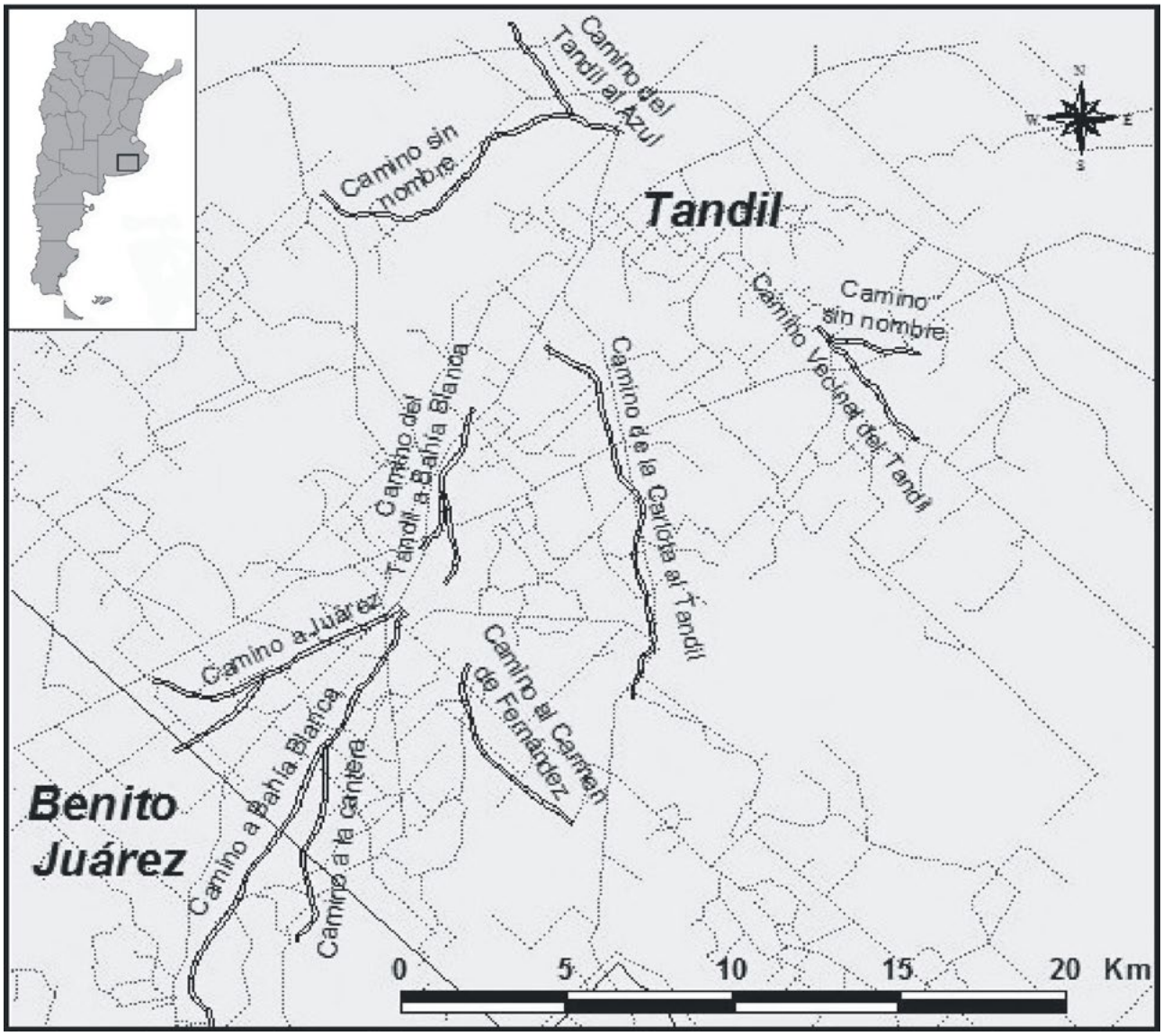


FIGURA 3. CAMINOS QUE FIGURAN EN LOS DUPLICADOS DE MENSURAS DEL SIGLO XIX UBICADOS EN EL PARTIDO DE TANDIL Y BENITO JUÁREZ DISPUESTOS SOBRE LA BASE DE LA RED DE CAMINOS ACTUALES

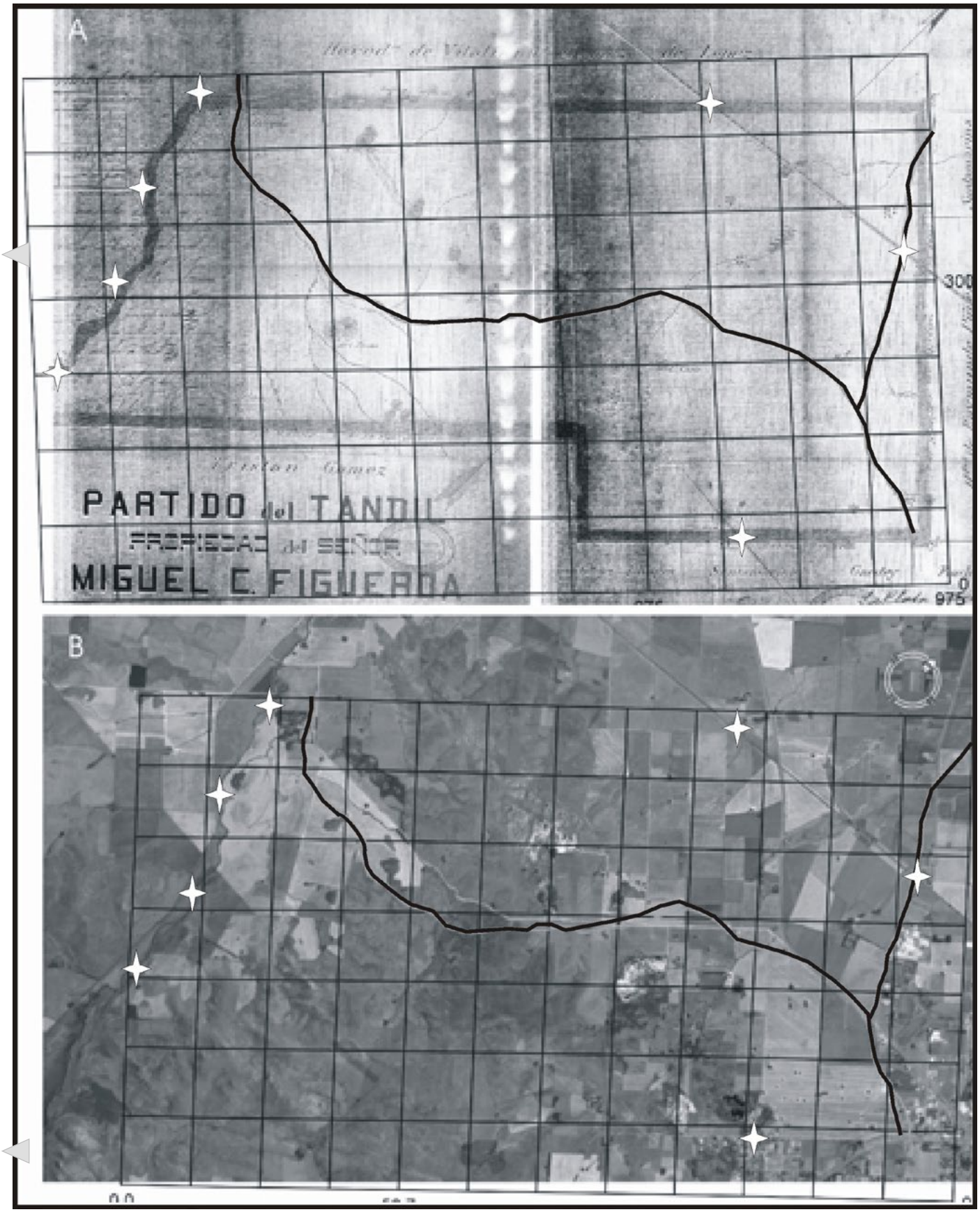


Figura 4. Superposición de los caminos que figuran en la mensura del campo de Miguel Figueroa (A) en una imagen de satélite (B). Las líneas negras son los caminos de la mensura y las cruces blancas son los puntos de referencia

Figura 5. Arriba: Caminos relevados del duplicado de mensura n° 74 (Juan Facio y Benjamín Vergez) sobre una imagen Landsat 7 ETM+, RGB 321. Abajo: Cruce de la Ruta Provincial N° 74 con los caminos de la mensura. A: "Camino vecinal del Tandil". B: camino sin denominación

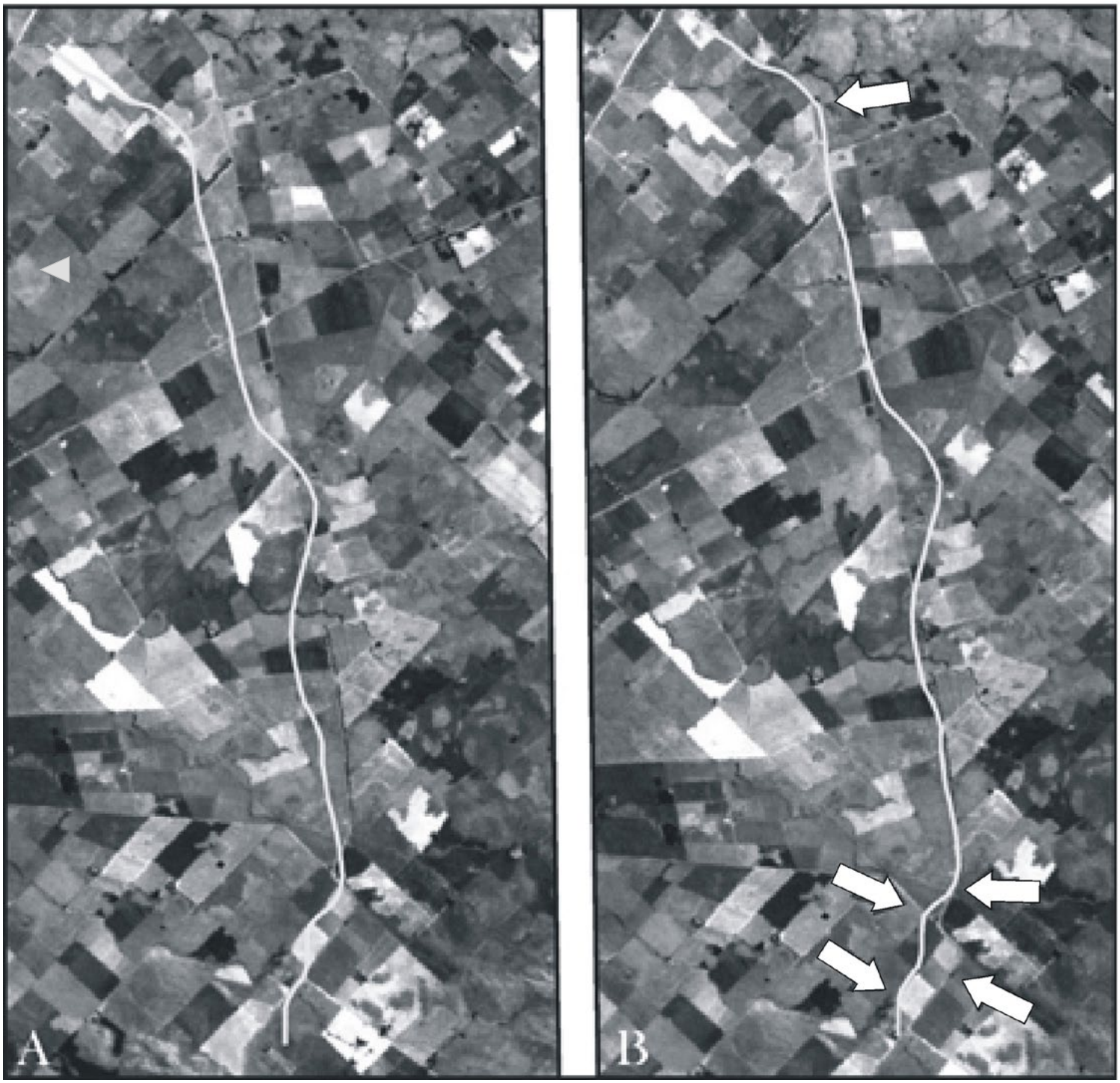


Figura 6. A: relación espacial existente entre el "Camino de la Carlota al Tandil" y la Ruta Provincial 30 (línea gris). B: reacomodamiento espacial del camino para advertir zonas coincidentes (marcado con flechas blancas)

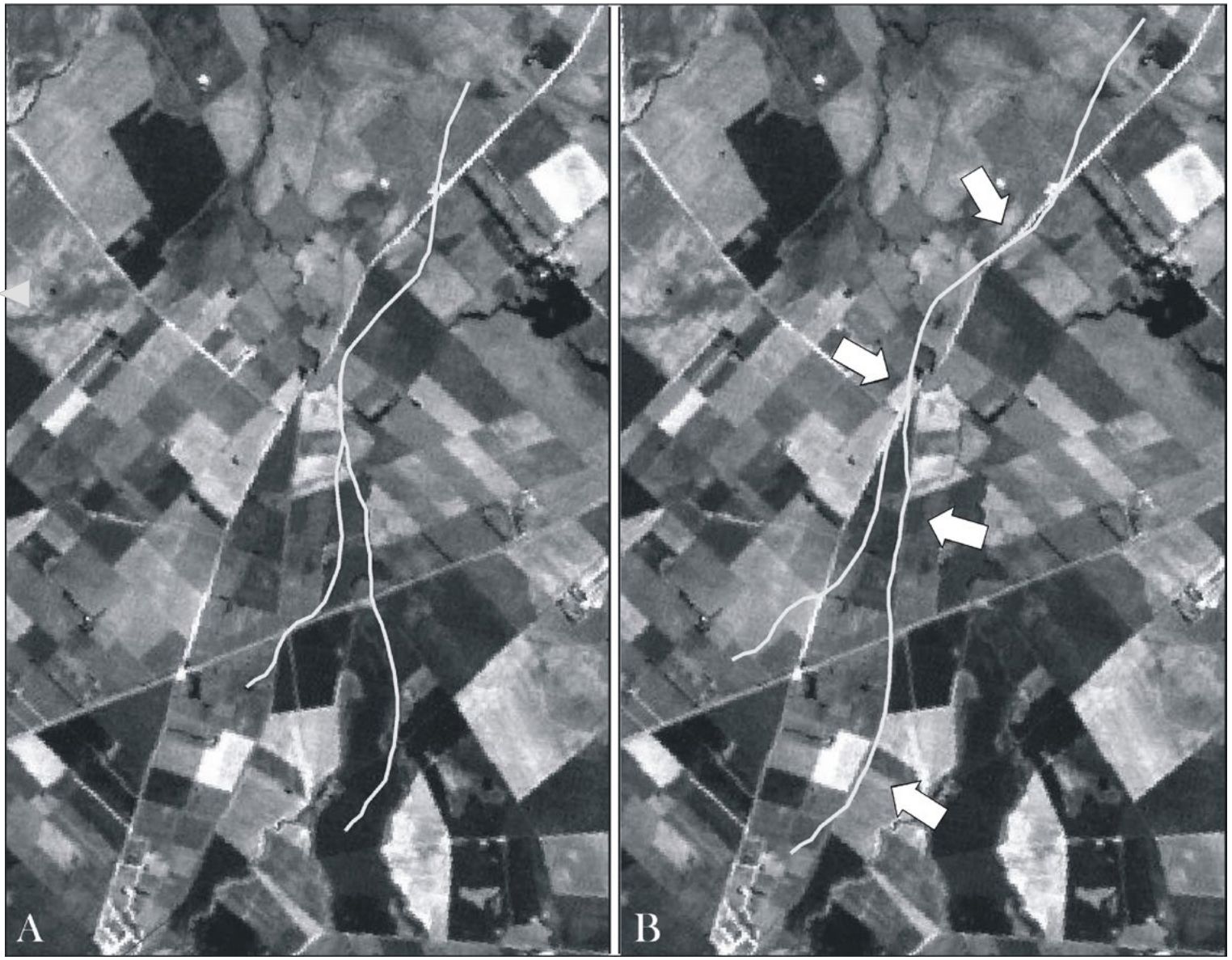


FIGURA 7. A: "CAMINO DEL TANDIL A BAHÍA BLANCA" EN GEORREFERENCIADA ORIGINAL Y B: REACOMODAMIENTO ESPACIAL DEL CAMINO PARA ADVERTIR ZONAS COINCIDENTES (MARCADO CON FLECHAS BLANCAS)

Denominación	**Propietario**	**Año**
Tandil N° 60	Juan Peña	1878
Tandil N° 74	Juan Facio y Benjamín Verges	1885
Tandil N° 88	José Buteler	1888
Tandil N° 104	Miguel Ciriaco Figueroa	1896

TABLA 1. DUPLICADOS DE MENSURA ANALIZADOS PARA EL ÁREA DE TANDILIA

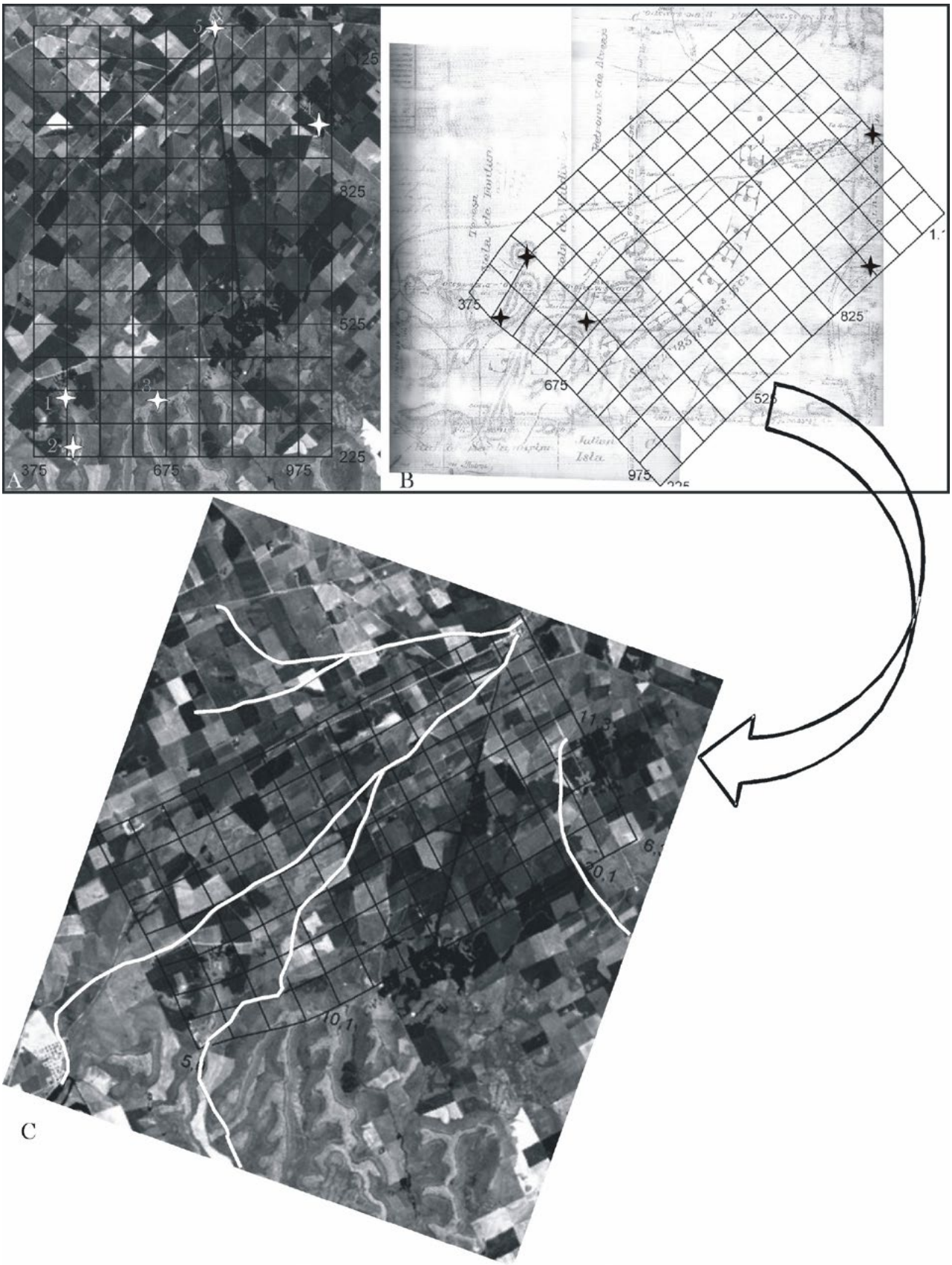


Figura 8. A: Imagen del satélite Landsat 7 ETM+ en donde se puede apreciar la malla y los puntos de referencia (cruces blancas). B: Duplicado de mensura Tandil N° 88 donde se observa la distorsión de la malla extrapolada de la imagen satelital y los puntos de referencia (cruces negras). C: Superposición de la información histórica del mapa de mensura (líneas blancas) en la imagen de satélite. Nótese la grilla de distorsión generada a partir del cruce de información histórica y la imagen del satélite

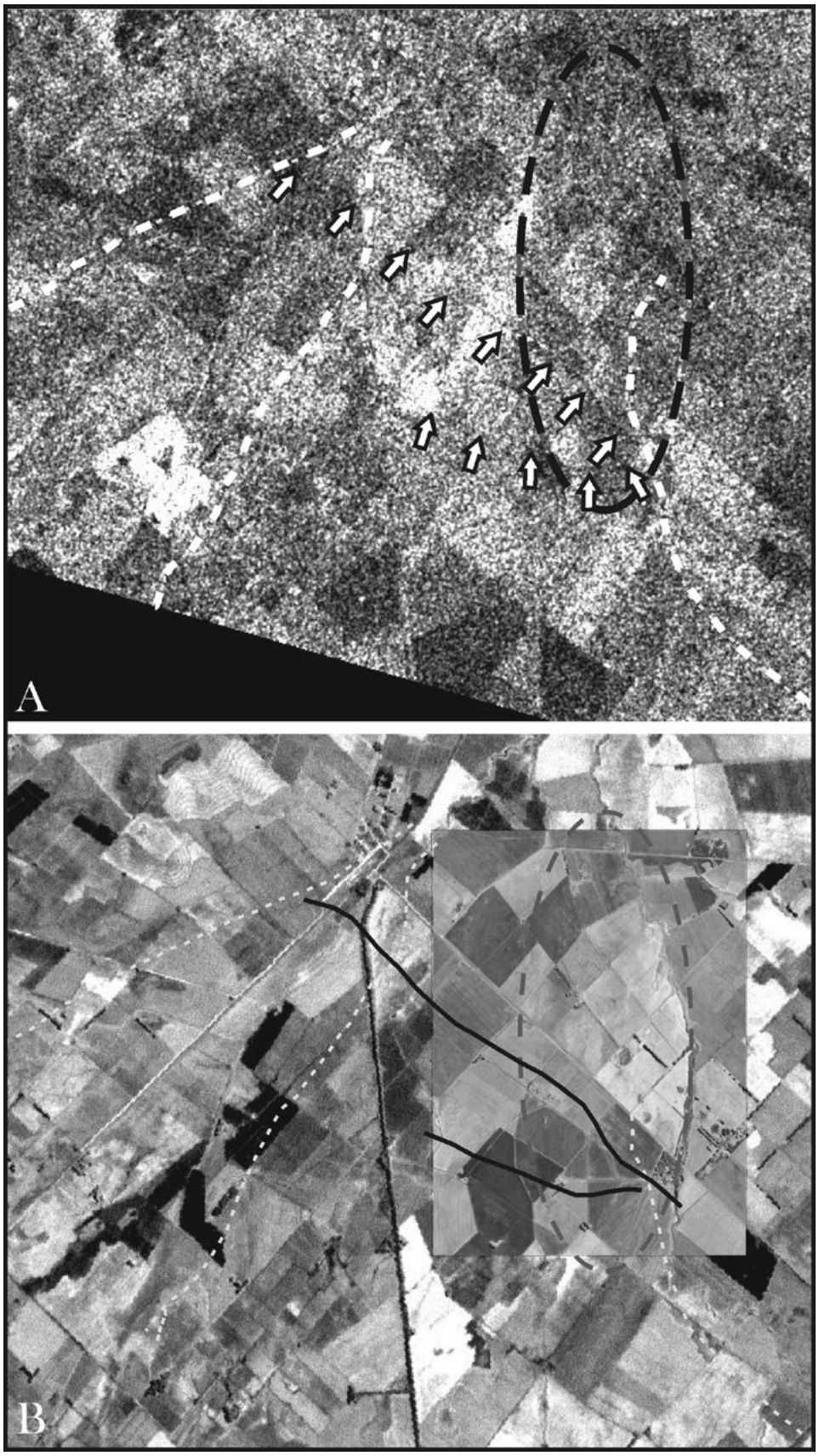


Figura 9. A: imagen RADARSAT 1. B: imagen pancromática de Landsat y RGB de alta resolución de Google Earth. En A, las flechas marcan un rasgo lineal (línea negra en imagen B), líneas punteadas marcan los caminos de la mensura Tandil N° 88 y el círculo punteado señala posible zona inundable

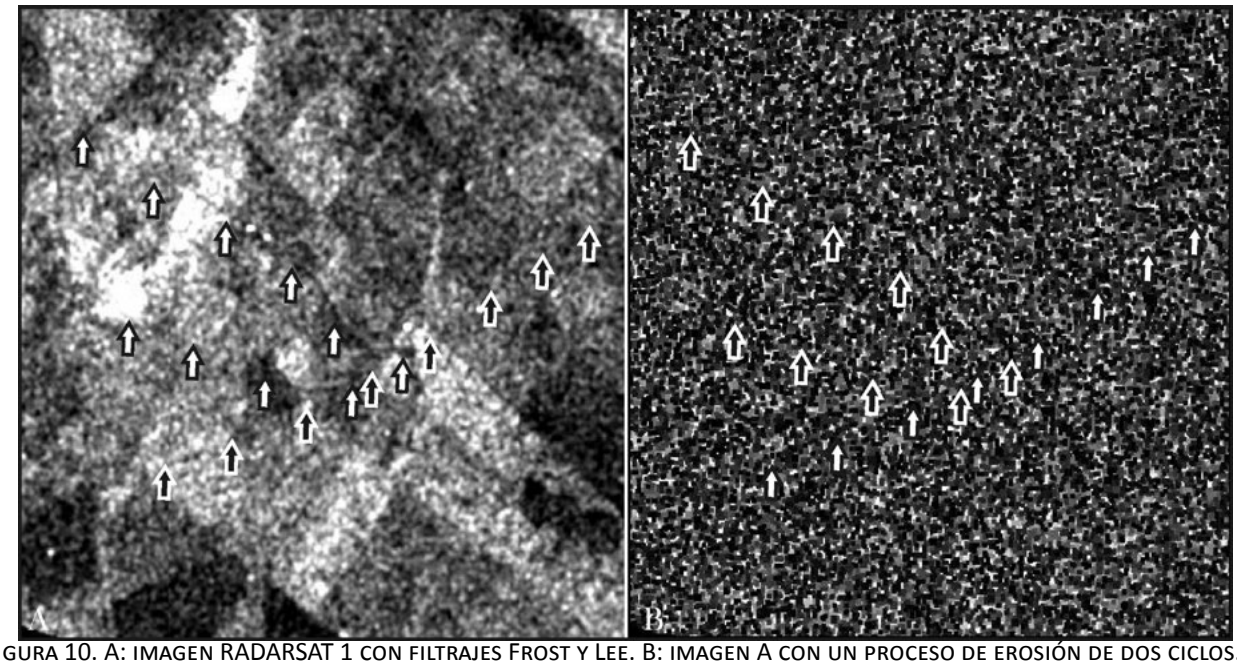


Figura 10. A: imagen RADARSAT 1 con filtrajes Frost y Lee. B: imagen A con un proceso de erosión de dos ciclos. Las flechas blancas con bordes negros señalan rasgos lineales en la imagen, mientras que las flechas negras con bordes blancos corresponden a la ubicación de cada elemento en la imagen opuesta

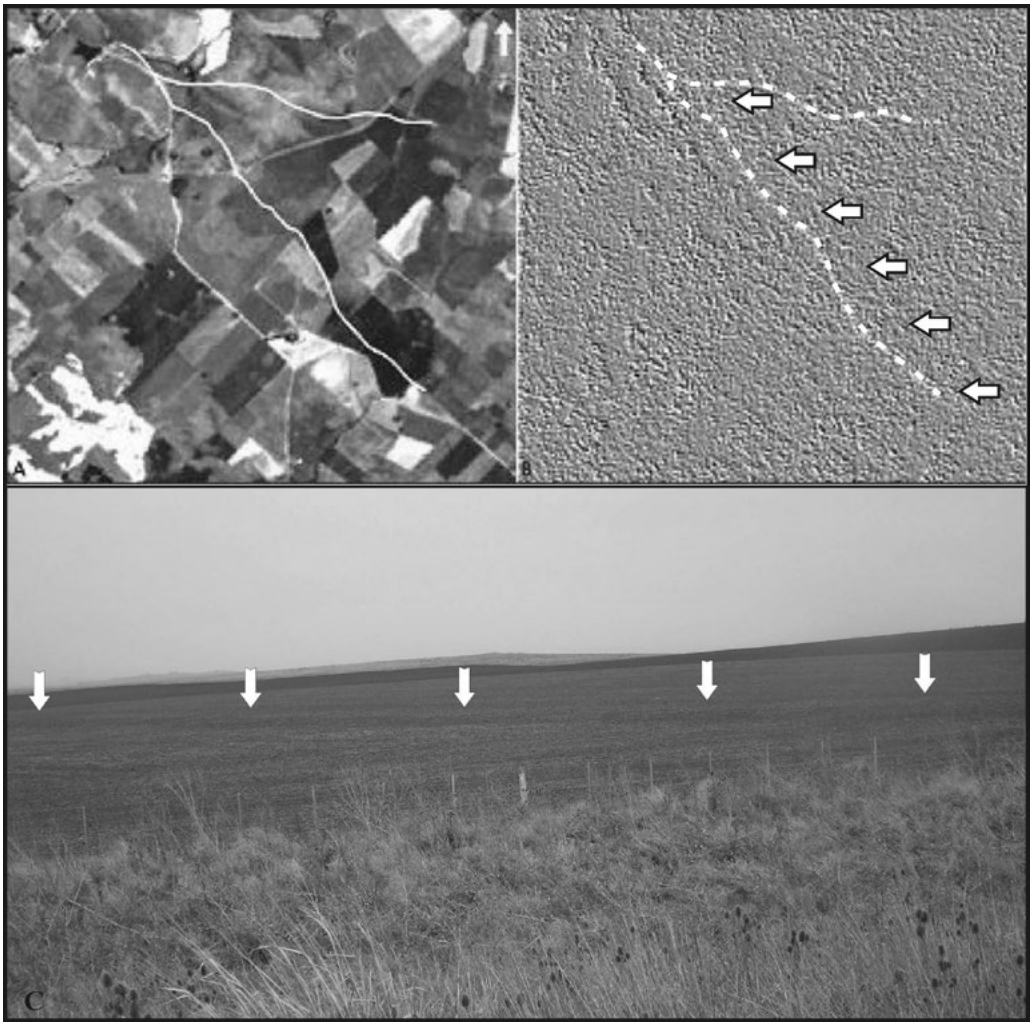


Figura 11. A: imagen Landsat 7. Las líneas continuas corresponden a los caminos de la mensura Tandil N° 74. B: imagen RADARSAT 1 con misma información. Además las flechas señalan un rasgo lineal de características similares a un camino. C: Rasgo lineal identificado en el terreno

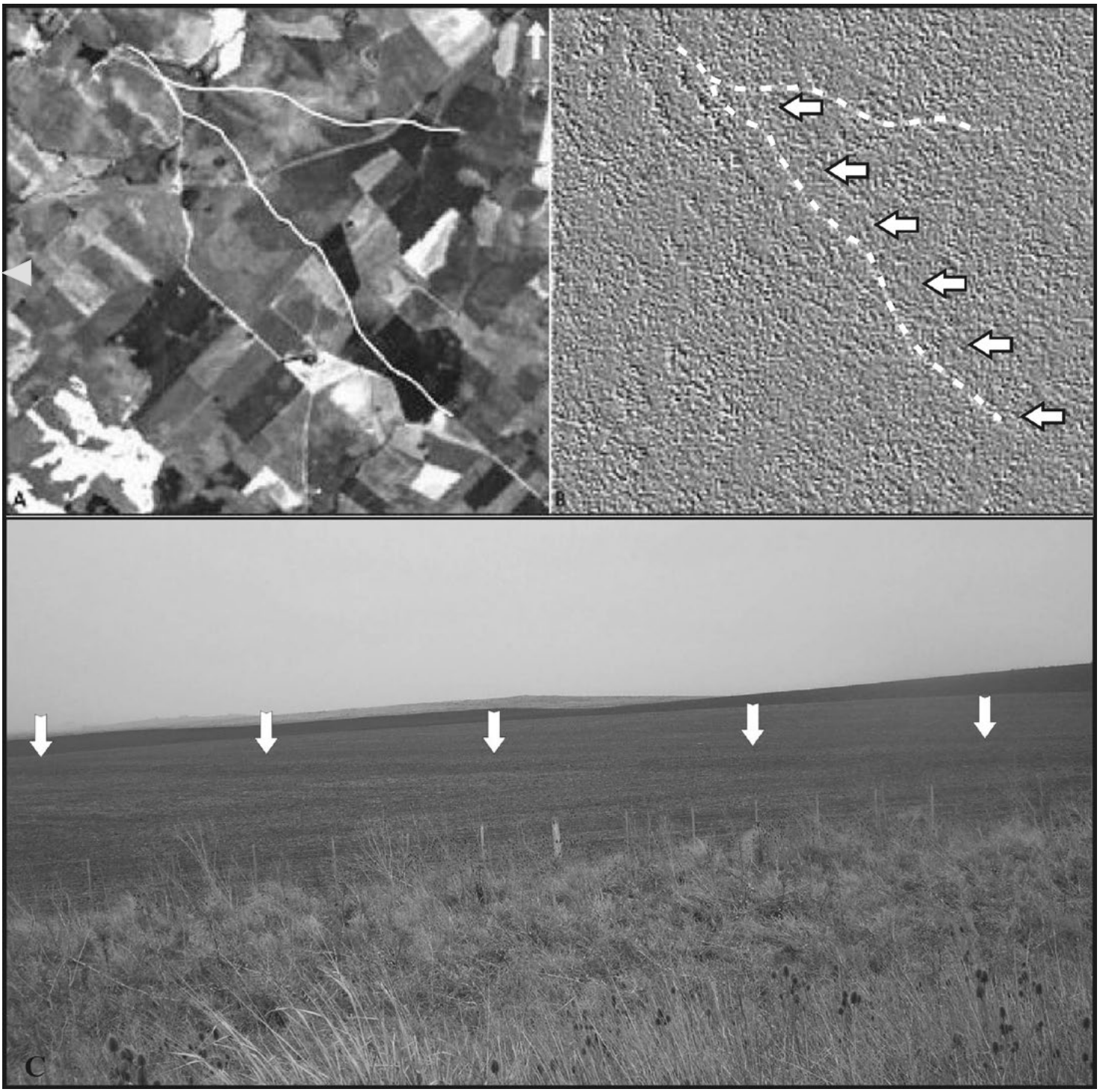


Figura 11. A: imagen Landsat 7. Las líneas continuas corresponden a los caminos de la mensura Tandil N° 74. B: imagen RADARSAT 1 con misma información. Además las flechas señalan un rasgo lineal de características similares a un camino. C: Rasgo lineal identificado en el terreno

ANÁLISIS ESPACIAL DE PATRIMONIO INMUEBLE USANDO UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA PATRIMONIO HISTÓRICO

SPATIAL ANALYSIS OF IMMOVABLE HERITAGE USING A CULTURAL HERITAGE INFORMATION SYSTEM

J. C. Torres[1],

C. Romo[1],

D. Martín[1],

A. Grande[2]

RESUMEN

Los modelos 3D son una potente herramienta para la documentación geométrica del patrimonio. Sin embargo, para poder utilizarlos para gestionar información no geométrica es necesario añadirles información semántica. Hemos propuesto un nuevo tipo de aplicación (Cultural Heritage Information System) que combina información geométrica con atributos semánticos para documentar y gestionar información relativa a elementos culturales.

En anteriores trabajos se ha evaluado el uso de esta herramienta para la documentación de patrimonio mueble. En este artículo se realiza una evaluación de la herramienta en patrimonio inmueble usando como caso de prueba el Anfiteatro de Itálica. Los resultados muestran que es posible utilizar este tipo de herramientas para realizar análisis combinando información geométrica y atributos semánticos en edificios pequeños.

Palabras clave: Análisis espacial, patrimonio inmueble, sistema de información, CHIS, modelos 3D, Anfiteatro de Itálica.

ABSTRACT

Graphical 3D models are a powerful tool for the geometric documentation of archaeological artefacts. Nevertheless, in order to use these models to support non-geometric documentation, it is necessary to enrich them using semantic information. We have developed a new kind of tool (Cultural Heritage Information System) that combines geometric and non geometric information to document and manage information related to a cultural artefact.

This tool has been previously evaluated for the documentation of movable heritage. This paper presents the evaluation of the tool for immovable heritage using a test case of the Roman Amphitheatre at Itálica. Results show that the tool can be used for small size building allowing to carry on analysis combining geometric and non-geometric information.

Keywords: Spatial analysis, immovable heritage, information system, CHIS, 3D models, *Itálica Amphitheatre.*

INTRODUCCIÓN

En arqueología, y en patrimonio histórico en general, la información gestionada es de muy diversa índole, incluyendo desde medidas, anotaciones, croquis y planos, hasta fotografías o modelos 3D, pasando por resultados de análisis. Además de una gran heterogeneidad, estos datos tienen una característica esencial en común: están asociados a localizaciones concretas dentro de un yacimiento o un elemento patrimonial.

Para poder utilizar de forma eficiente esta información es necesario disponer de un sistema de información que interrelacione los distintos datos, ubicándolos espacialmente sobre el modelo 3D. Cuando los elementos se distribuyen en un territorio, el problema queda resuelto con el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS usando las siglas en Inglés) . Un sistema GIS permite editar, visualizar y operar con capas de información creadas por el usuario. Las operaciones que

[1] Laboratorio de Realidad Virtual de la Universidad de Granada. Polígono Tecnológico de Ogíjares. C/ Zamora, parcela 127. 18151 Ogíjares, Granada – España http://lrv.ugr.es; jctorres@ugr.es; cromo@ugr.es
[2] Sociedad Española de Arqueología Virtual (SEAV). C/ Cantueso, 5. 41089 Quinto, Dos Hermanas. Sevilla – España *www.arqueologiavirtual.com alfredogrande@arqueología virtual.com*

se pueden realizar van desde simples reclasificaciones hasta operaciones complejas, como la determinación de visibilidad o el cálculo de superficies de coste (que combinan información de varias capas incluyendo modelos de elevación) [Neteler 2008]. Los sistemas GIS han demostrado su potencialidad en el campo de la arqueología en los casos en los que la información está asociada a un territorio [Lake *et al.* 1998]. No obstante, en el campo de la arqueología nos encontramos frecuentemente con situaciones en las que la información no está asociada a un territorio, sino a una fachada, una escultura o un bajorrelieve. En estos casos no es viable utilizar un GIS por varios motivos:

- La información no está georreferenciada. Esto ocurre por ejemplo con patrimonio mueble, al que no tiene sentido asignarle coordenadas geográficas por ser un elemento movible.
- No es univaluado, esto es, no posee un único valor para unas coordenadas geográficas. Esto ocurre, por ejemplo, con una fachada de un edificio, en la que en las mismas coordenadas podemos tener información diferente a distintas alturas.

El segundo problema se podría resolver con sistemas GIS 3D, pero esto plantearía problemas adicionales. En el caso de almacenar las capas en formato raster, tendremos que almacenar información en todo el paralelepípedo que encierra el elemento. Aunque existen métodos de compactación esto supone un incremento enorme del volumen de información. Por otra parte, en este caso las relaciones topológicas se definirían en el espacio 3D y no sobre la superficie del objeto. Si las capas se almacenan en formato vectorial, la información se asocia a los triángulos que definen la superficie del objeto, por lo que la resolución con la que asociamos información estaría vinculada a la resolución del modelo 3D, que depende del dispositivo de captura. Por otra parte, la potencialidad de una buena parte de las funciones de análisis de los GIS aplicados a Arqueología se basa en las operaciones sobre modelos de elevación que asumen una representación del terreno como superficie univaluada.

En este trabajo se evalúa un nuevo tipo de sistema de información para patrimonio histórico, Cultural Heritage Information System (abreviadamente CHIS), para gestionar información espacial en arqueología, no necesariamente distribuida sobre un territorio [Torres *et al.* 2008]. La evaluación se ha realizado con modelos de restos arquitectónicos, concretamente del Anfiteatro de Itálica (Santiponce, Sevilla). La siguiente sección expone los antecedentes. A continuación se presenta el elemento usado para las pruebas: el Anfiteatro de Itálica. La sección siguiente describe el proceso de generación del modelo 3D. Seguidamente se resume la funcionalidad utilizada del sistema CHIS para el caso de estudio. A continuación se expone la metodología de análisis empleada. Por último, se exponen los casos de estudio realizados.

ANTECEDENTES

Los GIS son la opción para realizar análisis espacial cuando la información está georreferenciada. En caso de información no georreferenciada, consideramos que los sistemas de información tradicionales, usados en aplicaciones de gestión, no son útiles debido a que:

- No gestionan información espacial.
- No permiten hacer consultas espaciales.
- No permiten visualizar la información en el contexto del yacimiento.

Por tanto, proponemos utilizar sistemas de información para Patrimonio Histórico que permitan gestionar y analizar información distribuida sobre un modelo digital. Con estos sistemas podemos, por ejemplo, buscar fotografías de una zona de una fachada realizadas en un determinado periodo de tiempo, especificando la zona de interés dibujándola directamente sobre el modelo 3D; o anotar las actuaciones realizadas para limpiar una zona de una escultura, o disponer de planos con información de alteración de una fachada generados de forma automatizada a partir de la información introducida en 3D por el técnico restaurador. Es decir, el mismo tipo de operaciones que se realizan sobre un GIS, pero trabajando sobre el modelo 3D digitalizado, en lugar de sobre mapas. A este tipo de sistema le denominamos Cultural Heritage Information System (CHIS), por analogía a los Sistemas de Información Geográfica. Un prototipo de sistema de esta clase se ha desarrollado en el proyecto de investigación *PE09-TIC-5276* (*http://lrv.ugr.es/chis*).

Nuestro enfoque es realizar la asociación de capas de información al modelo geométrico de forma dinámica. Esto es:

- Toda la información semántica está estructurada en capas.
- Cada capa almacena la distribución de una propiedad sobre la superficie del modelo.
- Las capas pueden crearse, editarse, visualizarse, componerse y borrarse en cualquier momento.
- Una propiedad puede ser cualquier elemento de información, desde un valor numérico hasta una ficha completa, conteniendo fotografías o documentos externos.

Para conseguir esta funcionalidad es necesario establecer una correspondencia entre posiciones en la superficie del objeto y elementos de las capas. En un GIS esta correspondencia la establece la proyección utilizada. En nuestro caso no es posible utilizar una proyección, debido a que la geometría es diferente en cada caso, y sería necesario establecer una

proyección diferente para cada elemento. Por otra parte, la superficie puede ser muy compleja, incluyendo perforaciones, que no pueden ser proyectadas sobre una superficie plana conexa.

El enfoque utilizado en nuestro prototipo de CHIS se basa en realizar una discretización de la superficie, tal como se hace para representar mapas raster en un sistema GIS. El espacio ocupado por el objeto se divide en celdas cúbicas (vóxeles). De estas celdas nos quedamos con las que son cruzadas por la superficie [Soler *et al.* 2012; Torres *et al.* 2012], y las enumeramos para establecer la correspondencia entre celdas de la superficie del objeto y valores de la capa. De esta forma, las capas de información se pueden almacenar como una secuencia numerada de valores, cada uno de los cuales está asociado con la celda que le corresponde según su posición en la secuencia. De esta forma es posible tanto encontrar el valor asociado a un punto de la superficie como localizar las zonas de la superficie que tienen asociado un determinado valor.

Además, esta subdivisión en celdas se utiliza para indexar los elementos geométricos del modelo (vértices y triángulos), estableciendo de este modo una correspondencia entre los elementos geométricos y las propiedades a través de las celdas.

La intersección de los vóxeles con la superficie del modelo genera una división de ésta en parches, de forma que el valor de propiedad de la celda se asocia al parche que se encuentra dentro de la celda. El tamaño de los parches está acotado por el tamaño de las celdas cúbicas, pudiendo ser mucho más pequeños que éstas. Se puede conseguir que los parches sean arbitrariamente pequeños reduciendo el tamaño de las celdas.

El prototipo ha sido evaluado en diversas aplicaciones con patrimonio mueble [Torres *et al.* 2013]. En este trabajo presentamos una evaluación sobre patrimonio inmueble. El principal problema que añade su utilización con patrimonio inmueble es el tamaño de los modelos. El tamaño ocupado por las representaciones depende del número de triángulos del modelo y del número de celdas, creciendo ambos factores con el tamaño del modelo. Es cierto que el tamaño de las celdas se puede aumentar hasta valores relativamente grandes, si lo que queremos es registrar información asociada al elemento (en muchas aplicaciones mantener datos con una resolución de un centímetro cuadrado de la superficie es más que suficiente). No obstante, si queremos obtener información morfológica, como la rugosidad o la curvatura (que están asociadas a la estructura de la superficie del objeto), es necesario mantener resoluciones relativamente altas.

En este trabajo se utiliza el sistema para identificar patologías a partir de la rugosidad en una sala completa.

ANFITEATRO DE ITÁLICA

Si tuviéramos la necesidad de destacar un enclave arqueológico en España con profunda vocación digital en el campo del uso de las nuevas tecnologías aplicadas al Patrimonio Arqueológico, sin duda destacaríamos al Conjunto Arqueológico de Itálica, cuya trayectoria ha sido modelo de innovación en nuestro país y más allá de nuestras fronteras. Itálica ha ido en paralelo con el uso de las nuevas tecnologías aplicadas al Patrimonio Arqueológico desde el principio. En el 1991 desarrolla el primer proyecto de prospecciones físicas y geofísicas español, en el 2006 comienza su primera reconstrucción virtual terminada en el 2003 [Grande 2002], considerada la primera reconstrucción integral de una ciudad romana de la historia y en el 2007 desarrolla una segunda reconstrucción dentro del Proyecto de Interpretación Virtual de Itálica [Grande 2011].

En 1989, la Junta de Andalucía nombra Conjunto Arqueológico al yacimiento de la ciudad romana. Desde entonces hasta nuestros días, no han cesado los trabajos arqueológicos en el solar de esta vieja ciudad. Son incontables las actuaciones que han conseguido con el tiempo y el adelanto de la tecnología, dibujar una hipótesis científica de la realidad de la ciudad, límites, estructura, composición, edificación, etc. incluso sin haberse excavado completamente.

Itálica se encuentra en una colina sombreada de cipreses, dominando la llanura del Guadalquivir, en el municipio de Santiponce (Sevilla), se considera el asentamiento romano más antiguo de la península ibérica, la primera ciudad romana en Hispania que fundó Publio Cornelio Escipión en el 206 a. de C., tras la batalla de *Ilipa* contra los cartagineses [Bellido 2009]. El solar de Itálica se hizo plenamente habitable a finales del II milenio a. C. Las excavaciones arqueológicas de los años 70 pusieron de manifiesto un asentamiento turdetano anterior a la presencia romana desde el s. IV a. C. caracterizado por viviendas de planta rectangular.

El emplazamiento elegido tenía un claro carácter estratégico debido a que las vías de comunicación podían ser fácilmente controladas en este lugar próximo al Guadalquivir, que ponían en relación esta vía fluvial con *Gades*, y por tierra con la vía de la Plata y con las zonas mineras del interior. Asimismo, permitía cubrir la retaguardia del ejército romano en sus desplazamientos hacia interior y hacer frente a las frecuentes incursiones de los lusitanos.

La ciudad alcanza su período de mayor esplendor durante los reinados de los emperadores Trajano y Adriano, originarios de Itálica, a finales del siglo I y durante el siglo II, que darían un gran prestigio a la antigua colonia hispánica en Roma.

Ambos emperadores fueron particularmente generosos con su ciudad "natal". En la época de Adriano tuvo lugar una espectacular ampliación urbanística hacia el noroeste, la que García y Bellido denominó *Nova Urbs*. El nuevo barrio se diseñó con un trazado ortogonal, es decir, calles cortadas en ángulo recto *cardo y decumanus* y con un carácter marcadamente residencial y monumental; casi 40 hectáreas de grandes mansiones para residencia de la aristocracia y un buen número de edificaciones públicas. Esta gran ampliación urbanística requirió de un proyecto previo de urbanización que dotara de infraestructuras a las construcciones posteriores y al funcionamiento general de la ciudad. Sobre la red de saneamiento se traza la trama urbana de calles y manzanas, generalmente rectangulares a excepción de las delimitadas por la muralla, que solía albergar dos viviendas cada una. La calzada se separaba de las aceras por un bordillo y se pavimentó con grandes losas poligonales de piedra, presentando calles de hasta 16 m de anchura, incluidas las aceras, todas ellas porticadas.

Esta gran ampliación se culmina con la construcción de importantes edificios públicos como el *Traianeum*, templo dedicado el culto imperial, las Termas Mayores y el Anfiteatro. Los paralelos urbanísticos de la *nova urbs* hay que buscarlos en las grandes metrópolis del oriente mediterráneo, modelo de refinamiento y lujo de las que el propio emperador fue un profundo admirador.

El anfiteatro está situado fuera del recinto amurallado, próximo a una de las puertas principales de la ciudad. Era uno de los mayores anfiteatros del imperio con una capacidad para 25.000 espectadores, tamaño exagerado si tenemos en cuenta que la ciudad nunca pasó de los 8.000 habitantes; esto permite suponer que había guarniciones militares en las proximidades de la ciudad.

Tiene planta ovalada (con dimensiones exteriores de 153 y 132 metros). Su eje mayor este/oeste coincide con la vaguada natural que se aprovecho para la construcción del graderío. De la fachada se ha conservado muy poco pero seguiría el esquema clásico. De las columnas se ha conservado el arranque y un capitel corintio. La planta baja tiene cuatro galerías, dos al este y dos al oeste que discurren por el ovalo y dan acceso a la grada.

El anfiteatro esta edificado con *opus caementicium* y revestido por *opus cuadratum* u *opus latericium* o *testaceum*. Los lugares más destacados estaban estucados o recubiertos de mármol. A él se accedía por la zona este que conserva su pavimento y en alguna losa se pueden observa *tabulae lusoriae*, tableros de juego. También en el suelo hay una serie de agujeros que iluminarían la galería que discurre hacia la *fossa bestiaria*.

Hacia el centro de la galería principal se abren dos estancias, la de la derecha, excavada nos encontramos con la capilla del *Nemeseium*, con el suelo de mármol y un ara. También se hallaron exvotos con *plantae pedum* que se suponen que eran de magistrados que buscaban protección y el favor de la divinidad.

En el centro de la *arena* existe un foso que, cubierto con una estructura de madera, se empleaba como zona de servicio para los diferentes espectáculos: luchas de gladiadores, simulacros de caza, peleas entre fieras, la *fossa bestiaria*. Espacio subterráneo de planta rectangular dividida en tres naves longitudinales por ocho pilares. Las naves laterales se supone que estaban destinadas a las estancias para las fieras o atrezzos del anfiteatro y de los mecanismos de subida de las fieras a la arena.

El *podio* de la arena mide unos tres metros y medio y tras él discurre la galería anular que se comunica con la arena a través de diez puertas. Estaba revestido de mármol. De esta galería anular partían accesos a la *ima cavea*. A la altura del eje menor se abren dos vestíbulos flanqueadas por bancos empotrados y unos nichos; con dos escaleras de acceso al *pulvinar*, tribuna. La grada se aprecia muy bien desde la arena y conserva la típica distribución. *ima, media y summa cavea*. El graderío conservado alcanza la mitad de la altura que tendría el edificio, dado su descarne de piedra y materiales.

En la parte trasera del edificio y próximo a la *porta libitinensis*, se hallaría el *spoliarium*, donde se depositaba a los caídos durante la lucha a la espera de la comitiva ritual al final de los juegos.

CREACIÓN DEL MODELO

Para la digitalización del anfiteatro se utilizó un escáner de tiempo de vuelo Leica ScanStation C10 (ver Figura 1). El proceso de captura de datos abarcó el interior y el exterior del anfiteatro y se prolongó durante siete días y más de 100 horas, generando un volumen total de información bruta de más de 50 GB.

La información se procesó utilizando el software Leica Cyclone, Geomagic Studio y software propio durante más de tres meses. En primer lugar se han alineado todas las tomas para permitir la integración de diferentes partes. A continuación se particionó el modelo por sectores. Para cada sector se trianguló por separado la nube de puntos de cada toma contenida en

él. Seguidamente se han fusionado las distintas mallas y se han realizado operaciones de reparación de mallas poligonales para corregir defectos topológicos y tapar fisuras.

Debido al gran volumen de información el modelo se dividió en 83 zonas con un tamaño medio de 200 MB. Dado que todos los submodelos se encuentran alineados (están en el mismo sistema de coordenadas) es posible combinar de forma simple diferentes submodelos. La Figura 2 muestra una captura de pantalla de uno de estos modelos.

FUNCIONES DE ANÁLISIS ESPACIAL EN CHISEL

El sistema desarrollado permite representar capas raster y vectoriales sobre la superficie 3D de cualquier objeto e incluye funciones para obtener capas de información a partir de información geométrica (curvatura, normal, rugosidad), calcular campos de distancias, operar con las capas usando álgebra raster y realizar análisis de vecindades y cálculos estadísticos. Esta sección describe brevemente la funcionalidad del sistema. Para una descripción más completa de la funcionalidad consultar [Torres *et al.* 2012; Soler *et al.* 2013].

El primer paso es importar un modelo 3D. La importación crea un modelo en un formato propio, que contiene, además de la geometría y el color, un índice espacial. Una vez importado el modelo es posible realizar operaciones con él. El resultado de la mayor parte de las operaciones es la creación de una nueva capa de información. Se puede crear una capa de información de forma explícita, indicando el tipo de datos que almacenará. Si la información es una tabla de la base de datos, se debe indicar la estructura de la tabla. Los campos de la tabla pueden ser números, textos, fechas o archivos. De esta forma es posible vincular imágenes, o documentos externos con celdas del modelo.

También se pueden crear nuevas capas a partir de capas ya existentes o de la geometría del modelo. La visualización de las capas se realiza asociándoles una paleta de colores, que asigna un color y una transparencia a cada valor de propiedad. Las capas se muestran sobre el modelo 3D, lo que permite ubicar espacialmente la información.

Las capas se pueden editar interactivamente, posibilitando la introducción de información en el sistema. La edición se realiza seleccionando el valor de propiedad a asignar y marcando las zonas del modelo a las que se les debe asociar, de forma análoga a como se asignaría color en un programa de dibujo.

Se pueden realizar dos tipos de consultas: obtener el valor en un punto y obtener las zonas que tienen asignado un determinado valor. También se pueden obtener valores globales de una capa, como la superficie que cubre cada valor de propiedad y estimadores estadísticos de la misma.

La geometría del modelo aporta información sobre la estructura, acabado y orientación del artefacto, que puede ser útil para entender o analizar el modelo. La estrategia usada para procesar información geométrica ha sido dotar al sistema de funciones para crear capas a partir de información geométrica [Torres *et al.* 2013]. De esta forma se puede realizar cualquier tipo de información con dicha información geométrica.

Las funciones desarrolladas permiten generar capas de:

Curvatura, calculada como la inversa del radio de la esfera tangente al centro de la celda. Puede usarse, por ejemplo, para identificar fisuras en la superficie.

Rugosidad, definida como la desviación media de las celdas vecinas a la esfera tangente. Puede servir para, por ejemplo, identificar distintos materiales o acabados en un artefacto [López *et al.* 2012].

Ángulo, calcula el ángulo que forma el vector normal con un vector dado. Esta función puede utilizarse para estimar la exposición al sol del elemento.

Normal, genera una capa con los valores de las tres componentes del vector normal a la superficie en la celda. Estos valores puede usarse para realizar cálculos complejos utilizando otras operaciones entre capas.

Las operaciones entre capas permiten generar nuevas capas de información a partir de la información contenida en otras capas. Entre estas operaciones destacan el álgebra raster, la generación de campos de distancia y el cálculo en vecindades.

El **álgebra raster** permite realizar operaciones algebraicas y lógicas entre capas. En el prototipo realizado se ha utilizado la sintaxis definida en la función *r.mapcalc* de GRASS [Neteler 2008]. Esta función crea una nueva capa evaluando una expresión en la que pueden intervenir condiciones, valores de capas existentes y funciones matemáticas.

Un campo de distancias es una capa de información que contiene en cada celda la distancia (medida a través de la superficie) a las celdas no nulas de una capa dada. Se pueden utilizar para crear bandas de distancia alrededor de zonas concretas (por ejemplo, las zonas afectadas al reparar una fisura en una pared).

El cálculo en vecindades es una potente herramienta de análisis que permite obtener un estimador estadístico en el entorno de cada punto de la superficie. Este valor puede ser el máximo, el mínimo, la media, la varianza o la desviación estándar.

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS ESPACIAL

Para analizar un elemento con CHISel es necesario generar un modelo 3D digitalizando el objeto. Una vez obtenido el modelo 3D se debe exportar al formato PLY e importar en CHISel, al importar el modelo se debe decidir el nivel de detalle con el que es necesario trabajar. Aumentar el nivel de detalle implica incrementar los requerimientos de recursos por parte de la aplicación, por lo que es interesante utilizar solamente la resolución necesaria.

A partir de este punto tenemos la posibilidad de añadir información semántica al modelo, generar información geométrica y realizar operaciones. Tal como se ha comentado, toda la información se almacena en capas. Recomendamos comenzar estudiando la geometría del modelo. Para ello podemos generar las capas de información geométrica de curvatura, rugosidad y orientación respecto a la vertical. Visualizando estas capas podemos comprender como es la superficie del objeto, hay que tener en cuenta que la información suministrada por las capas es información cuantitativa.

El estudio de esta información sobre el modelo nos debe servir para diseñar los procesos de análisis que son relevantes para nuestro problema, estos procesos se realizarán usando operaciones entre capas. Los resultados cuantitativos del análisis se pueden explorar visualizando las capas generadas sobre el modelo (para mostrar la distribución de valores en el mismo) o se pueden utilizar para generar tablas de valores cuantitativos usando funciones de análisis multivariable.

CASOS DE ESTUDIO

Para evaluar la utilización de CHISel con modelos arquitectónicos se ha usado un modelo del Sacellum del anfiteatro de Itálica (ver Figura 3), que conserva parte del mosaico del suelo. Concretamente se han realizado dos estudios. En el primero se ha analizado la rugosidad en la sala, comparando los valores de rugosidad en suelo, paredes y techo. En el segundo se ha utilizado información de rugosidad y curvatura para detectar las zonas erosionadas en el mosaico del suelo. Las pruebas se han realizado en un ordenador personal con procesador i7-3770 a 3,4 GHz y 32 GB de memoria RAM. El octree del modelo se generó con 11 niveles, y el tamaño de celda es de 7 mm. La caja englobante del modelo tiene unas dimensiones de 5,7 x 7,3 x 5,6 m.

Análisis de rugosidad

Para comparar la rugosidad en los distintos paramentos del Sacellum es necesario en identificar los paramentos sobre el modelo. La información de identificación en CHISel se guardará en una capa de información en la que cada paramento tendrá una categoría diferente. Esta operación puede realizarse de forma manual, asignando la categoría pertinente a cada celda del modelo. En CHISel la asignación manual se realiza de forma interactiva con un proceso similar al de dibujo sobre un modelo 3D.

En esta evaluación estamos interesados en probar la potencialidad de la herramienta para realizar la segmentación de forma automática. Para ello generamos una capa con información de orientación. Tal como se ha comentado, la orientación es el ángulo respecto a un vector dado por el usuario. En nuestro caso usaremos un vector vertical. A partir de la capa de orientación generamos la información de segmentación usando álgebra raster, calculando una capa con la expresión:

segment = if (anguloz > 120, 1, if (anguloz > 45, 2, 3))

que asigna valor 1 a las celdas del suelo, 2 a las paredes y 3 al techo. La Figura 4 muestra la visualización de la capa "segment". En color azul se muestran las superficies horizontales con orientación hacía arriba, en verde las verticales y en rojo el techo.

A continuación calculamos la rugosidad del modelo. La Figura 5 muestra una captura de pantalla de la visualización de la capa de rugosidad del modelo. Es posible combinar la información de ambas capas utilizando álgebra raster. Por ejemplo, la expresión

RuPared = if (segment == 2, Rugosidad, null())

calcula una capa con información de la rugosidad en la pared.

Para analizar cuantitativamente la rugosidad en cada paramento usamos estadística multivariable, que genera una capa con valores de estimadores de una capa para cada una de las categorías de otra capa. En nuestro caso calculamos estimadores de rugosidad usando la capa de paramentos como soporte. La Tabla 1 muestra los resultados de rugosidad media, máxima y varianza obtenidos para el modelo del Sacellum.

Podemos comprobar como, aún no habiendo hecho una segmentación manual, los valores obtenidos para la rugosidad en los tres paramentos están claramente diferenciados.

Identificación de daños en el suelo

En este estudio queremos evaluar la capacidad del sistema para detectar zonas dañadas en el pavimento del Sacellum a partir de información geométrica. El pavimento es un mosaico que se encuentra erosionado y parcialmente cubierto por restauraciones anteriores. Vamos a tratar de caracterizar las zonas erosionadas combinando información de curvatura y rugosidad. La Figura 6 muestra la capa de curvatura generada por el sistema; la Figura 7 muestra la curvatura en el suelo, dibujada sobre la capa de segmentación y la textura del modelo. Concretamente generaremos una nueva capa que contiene valor uno en los puntos en los que la curvatura es mayor que 2 (radio de la esfera tangente menor que 0.5 m) y rugosidad mayor que 2 cm.

$$S = \text{if}\ (\ (\text{curvature} > 2{,}0\ \&\&\ \text{Rugoabs} > 0{,}02),\ 1,\ \text{null}()\ )$$

Ahora generamos un campo de distancia a la capa S (cada celda contendrá la distancia a la celda no nula mas próxima de S)

$$B = \text{distancia a S}$$

Por último creamos una capa con las celdas del suelo que están próximas a las de curvatura y rugosidad alta (a una distancia menor que 1 cm).

$$DS = \text{if}\ (B < 0{,}01\ \&\&\ \text{segment} == 3,\ 1,\ \text{null}()\ )$$

De esta forma extendemos las celdas detectadas en la capa S, para generar zonas que tienen al menos 1 cm de radio. El resultado se muestra en la Figura 8. Puede observarse la distribución de zonas dañadas en el pavimento.

CONCLUSIONES

Los GIS han demostrado su versatilidad para el análisis cuantitativo de información relacionada con yacimientos arqueológicos. No obstante, su utilización con modelos no georreferenciados está muy limitada.

En este trabajo hemos evaluado un nuevo tipo de sistema de información, diseñado con la misma filosofía de un GIS para trabajar con modelos arqueológicos no georreferenciados.

Los trabajos realizados permiten afirmar que es posible utilizar técnicas de análisis espacial para el estudio de modelos 3D de restos arqueológicos con este tipo de sistemas. Por otra parte, hemos constatado que el prototipo desarrollado permite trabajar en un ordenador personal con resolución suficiente como para analizar propiedades geométricas (como la curvatura o la rugosidad) en espacios relativamente grandes (de entre 5 y 10 m).

Concretamente se ha analizado la rugosidad en y curvatura en el Sacellum del Anfiteatro de Itálica, y se ha propuesto un método para caracterizar zonas dañadas en el pavimento a partir de los valores de rugosidad y curvatura.

En este momento se dispone de una versión beta de un prototipo de sistema de información. Como trabajos futuros queremos añadir nueva funcionalidad al sistema, y desarrollar una herramienta multi-usuario basada en este concepto.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía a través del proyecto de excelencia *PE09-TIC-5276*, en colaboración con el Patronato de la Alhambra y del Generalife y del Conjunto Arqueológico de Itálica. Nuestro agradecimiento a todo el equipo investigador del proyecto (http://lrv.ugr.es/chis/).

Los modelos mostrados son propiedad del Conjunto Arqueológico de Itálica.

BIBLIOGRAFÍA

NETELER, M. y MITASOVA, H. 2008. *OPEN SOURCE GIS: A GRASS GIS Approach.* Springer, New York.

TORRES, J.C., LÓPEZ, L., ROMO, C. y SOLER, F. 2012. An Information System to Analize Cultural Heritage Information. En *Progress in Cultural Heritage Preservation*, editado por M. Ioannides, D. Fritsch, J. Leissner, R. Davies, F. Remondino y R. Caffo, pp. 809-816, Springer Berlin Heidelberg, Berlín.

TORRES, J.C., LÓPEZ, L., ROMO, C., ARROYO, G., CANO, P., LAMOLDA, F. y VILLAFRANCA, M.M. 2013. Using a Cultural Heritage Information System for the documentation of the restoration process. En *Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)*, editado por A. C. Addison, L. De Luca, G. Guidi y S. Pescarin, vol. 2, pp. 249-256. IEEE Press, Marsella.

BELLIDO, T. 2009. Panorama historiográfico del anfiteatro de Itálica. *ROMULA*, 8: 33-64.

GRANDE, A. 2002. Itálica Virtual. Un proyecto que hace Historia. *PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*. 40-41: 241-247 .

GRANDE, A. 2011. Itálica Futura: Documentación, Preservación e Interpretación Digital de la ciudad romana. *Virtual Archaeology Review*, 2(4): 77-87.

LAKE, M.W., WOODMAN, P.E., MITHEN, S.J. 1998. Tailoring GIS Software for Archaeological Applications: An Example Concerning Viewshed Analysis. *Journal of Archaeological Science*, 25(1): 27-38.

LÓPEZ, L., TORRES, J.C., ARROYO, G. 2013. *Measuring Surface Roughness on Cultural Heritage 3D models*. Trabajo presentado en CEIG – XXIII Congreso Español de Informática Gráfica, Madrid.

SOLER, F., TORRES, J.C., LEÓN, A.J., LUZÓN, M.V. 2012. *Design of Cultural Heritage Information System*. Trabajo presentado en CEIG – XXII Congreso Español de Informática Gráfica, Jaén.

SOLER, F., TORRES, J.C., LEÓN, A., LUZÓN, M.V. 2013. Design of Cultural Heritage Information Systems based on Information Layers. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 6(4): 15:1-15:17.

TORRES, J.C., SOLER, F., CANO, P., LEÓN, A., LUZÓN, V., MARTÍN, D. 2008. Sistema de Información para Patrimonio Histórico. *Virtual Archaeology Review*, 3(5):53-57.

	Medio	Máximo	Varianza
Suelo	0.013	0,355	0,001
Pared	0.047	0,590	0,008
Techo	0.099	0,463	0,028

Tabla 1. Rugosidad en los distintos paramentos del Sacellum.

Figura 1. Fotografía del proceso de toma de datos con el escáner de tiempo de vuelo en el Anfiteatro de Itálica.

Figura 2. Visualización de un fragmento del modelo generado.

Figura 3. Fotografía del mosaico del suelo del Sacellum.

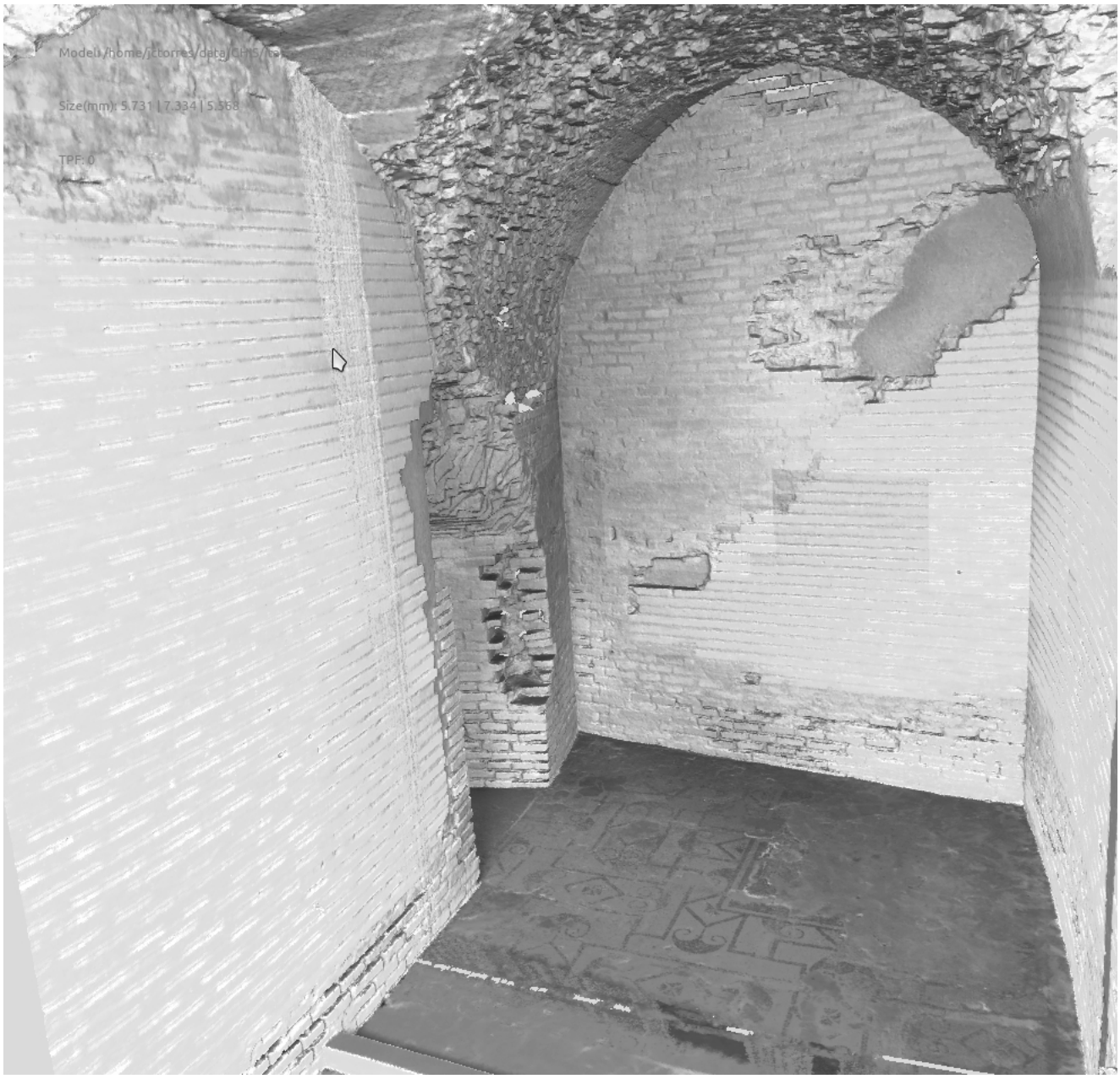


Figura 4. Visualización de la capa de orientación generada automáticamente.

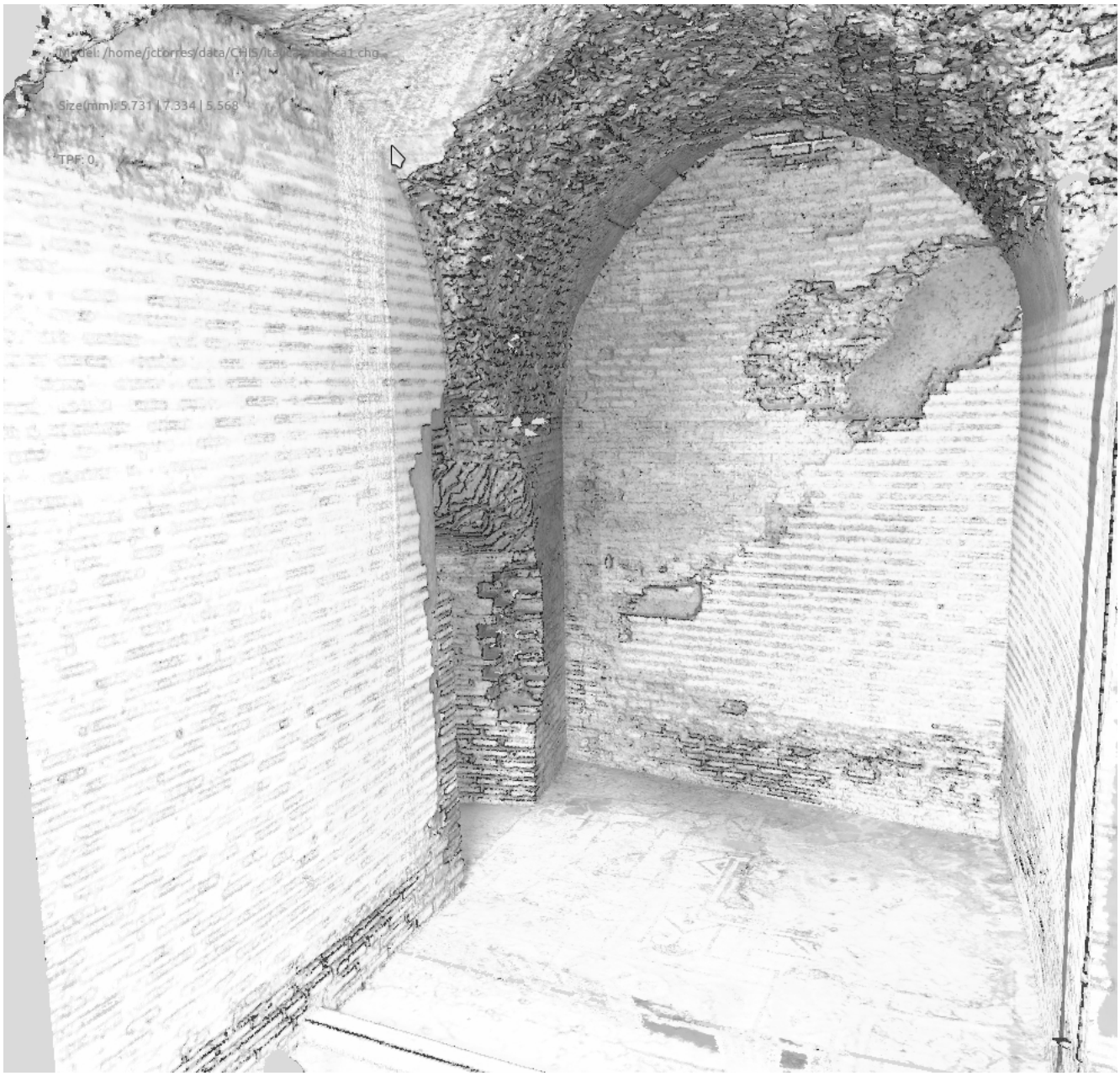


FIGURA 5. VISUALIZACIÓN DE LA CAPA DE RUGOSIDAD.

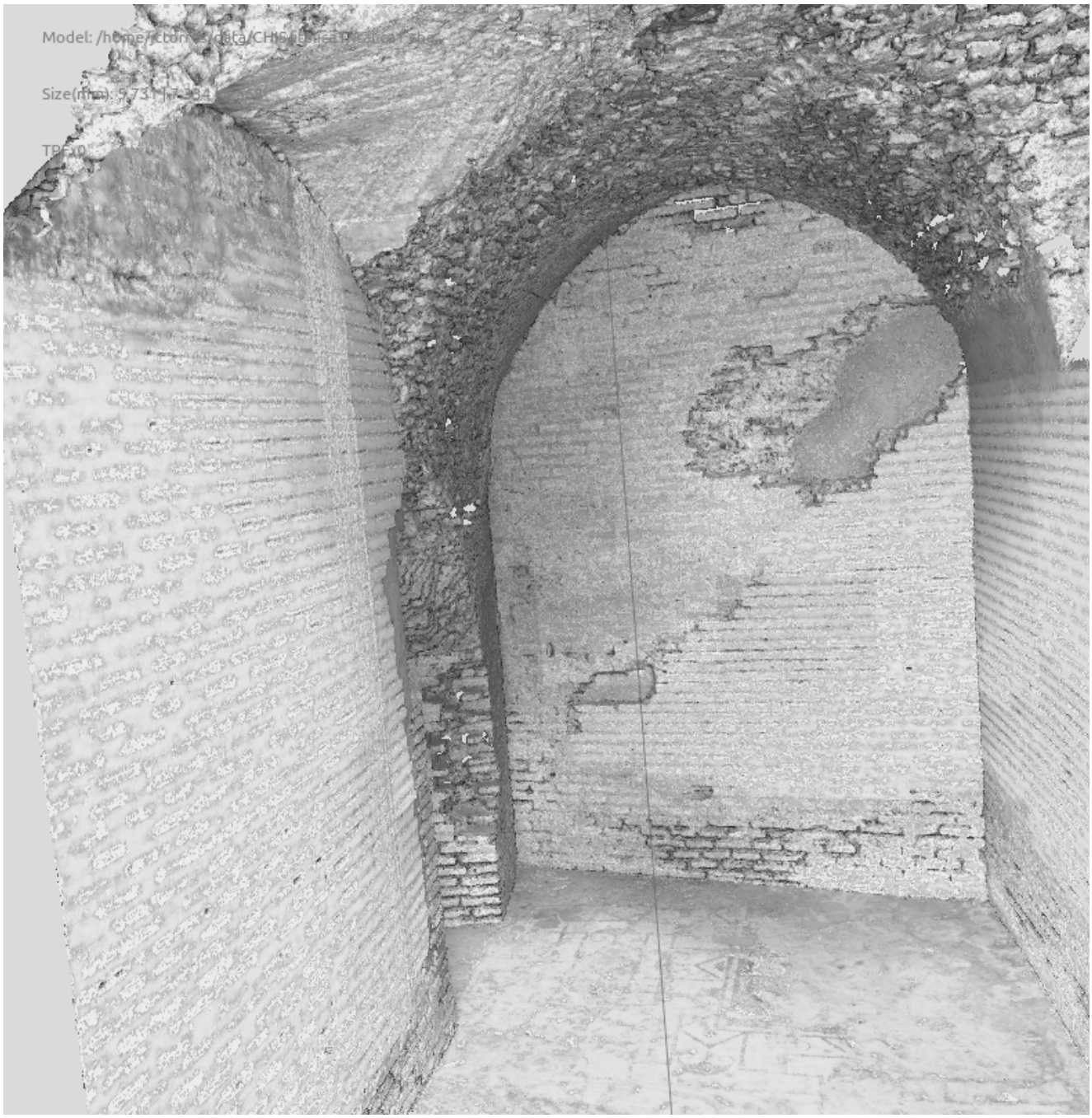


Figura 6. Visualización de la curvatura.

Figura 7. Curvatura en el suelo, dibujada sobre la capa de segmentación y la textura del modelo.

Figura 8. Visualización de la capa *dS*: zonas erosionadas en el mosaico.

LUCES EN LA OSCURIDAD: SOFT COMPUTING Y ARTE RUPESTRE EN EL SITIO MAGDALENIENSE DE LA GALERÍA INFERIOR DE LA GARMA (OMOÑO, CANTABRIA, ESPAÑA)

LIGHTS IN THE DARK: SOFT COMPUTING AND ROCK ART IN MAGDALENIAN SITE OF LA GARMA'S LOWER GALLERY (OMOÑO, CANTABRIA, SPAIN)

Maximiano Castillejo, Alfredo

Barcia García, Camilo

Arias Cabal, Pablo

Ontañón Peredo, Roberto

Resumen

Las innovaciones geomáticas han impactado de lleno en la forma de registrar, analizar y representar las evidencias arqueológicas. Su aplicación en Arqueología permite el diseño de protocolos ajustados a las necesidades de cada investigación arqueológica, abriendo nuevas formas de abordar problemas y encontrar entornos de solución, lo que hace relativamente poco tiempo no era posible ni en planteamiento ni en ejecución.

Aquí pretendemos trabajar con dos conjuntos de arte rupestre que, según su localización dentro la Galería Inferior de La Garma, únicamente pudieron haber sido creados y visualizados mediante algún tipo de dispositivo de luz artificial (lámparas de grasa animal). A través de un modelo volumétrico de la cueva, obtenido con laser-escáner, y el empleo de software de diseño 3D hemos simulado y explorado diferentes condiciones de luz artificial sobre ambos casos. Primero, en un panel con motivos zoomorfos emplazado en una zona accesible y con libertad de movimientos; y segundo, en una zona de difícil movilidad (techos bajos) donde se conservan manos pintadas. Nuestro propósito es aproximarnos a diferentes posibilidades en la configuración de luces en función de dos acciones (producción y visualización), así como la estimación del espacio necesario para llevarlas a cabo.

Palabras clave: *arte paleolítico, iluminación de cuevas, Soft Computing, simulación de escenas*

Abstract

Geomatic innovations fully impacted on how we record, analyze and represent archaeological evidences. Their application in Archaeology allows us to design tighter protocols related with the needs of each archaeological research, open new ways to address problems and finding solution environments which weren't possible neither approach nor execution until recent times.

This proposal aims to work with two sets of rock art that according to their location, in the Lower Gallery of La Garma, they have been created and displayed by some kind of artificial light device (e.g. fat-burning lamps). Through a volumetric model of the cave – obtained with laser scanning technology– and the use of 3D design software, we have simulated and explored different conditions of artificial lighting on both study cases. At first, on a panel with zoomorphic motives located in an accessible area with freedom of movement; second one is located in a reduced mobility place where painted hands are preserved. Our purpose is to approach different possibilities in light configuration linked to two sets of actions (production and visualization of art) and to estimate the potential space needed for them.

Keywords: *Palaeolithic art, cave lighting, Soft Computing, scene simulation*

INTRODUCCIÓN

El arte paleolítico ha sido y sigue siendo objeto de estudio desde múltiples perspectivas para generar conocimiento en torno al gesto creativo y a las formas de consumir este tipo de producto social, íntimamente relacionado con la esfera de lo simbólico.

En este trabajo pretendemos realizar la simulación de una variable determinada, la luz artificial, que incidió tanto en la producción como en las formas de consumo (visualización) de este tipo de arte bajo una serie de circunstancias ambientales determinadas; en este caso, la completa ausencia de luz natural. Sin duda alguna, una determinada convergencia de factores debió concurrir en su creación en estos ambientes afóticos, en los que sería necesaria toda una serie de mecanismos que aporten iluminación para crear arte y visualizarlo. Aparte de la luz existe otra serie de factores: las características físicas del soporte (pared) donde se realizaron pinturas y grabados; el tipo de figuración que se quería representar; los efectos pretendidos mediante la convergencia/disociación de un conjunto de figuras en un determinado entorno (p.e. sala de los bisontes en Altamira, los paneles artísticos en cuevas como El Castillo, Altxerri o Ekain, etc.); los tipos de colorantes empleados; etc. Nos encontramos, pues, ante un extenso conjunto de componentes potencialmente dependientes del grado de iluminación, tanto en la realización del proyecto pictórico como en las posibles implicaciones a la hora de ser visualizado (figura 1).

En esta propuesta implementamos una serie de técnicas orientadas a la simulación computacional para la recreación digital de diferentes escenarios iluminados (en términos de intensidad y posición). Partimos de un conjunto de variables (volumetría de la zona de estudio, el tipo de soporte, accesibilidad a la pintura, tamaño de objetos representados…) con el fin de hallar soluciones abiertas y flexibles en la estimación de parámetros relacionados con la luz. En tal sentido, la accesibilidad a las pinturas, el uso del espacio (extensión espacial necesaria para la creación y visualización de arte), y la presencia o ausencia de otras entidades arqueológicas próximas a las pinturas poseen un papel relevante.

Hemos optado por la simulación virtual debido a las difíciles condiciones de acceso a la cavidad. Desde las escenas simuladas podemos replicar tantas veces como queramos los experimentos de iluminación sin riesgo para la integridad del patrimonio arqueológico existentre en la cueva (el propio arte objeto de estudio, los suelos de ocupación próximos a las zonas de trabajo), a lo que se añade la facilidad y el ahorro de costes que supone trabajar desde el laboratorio. Hemos explorado una serie de variables relacionadas con la intensidad de luz y los posibles emplazamientos de las lámparas en base a las condiciones topográficas del medio próximo en donde se encuentran las pinturas. De este modo, la experimentación desde el soporte informático (más de un centenar de escenas simuladas) ha permitido la caracterización de una serie de tendencias y el contraste de hipótesis acerca del uso de luz artificial en la creación y visualización del arte parietal.

ALGO DE LUZ: DISPOSITIVOS LUMÍNICOS EN EL PALEOLÍTICO SUPERIOR

Desde que nuestra especie controló el fuego se produjeron toda una serie de oportunidades e innovaciones en todas las esferas de la vida social. Una de esas mejoras fue la gestión del fuego como medio de iluminación, condición necesaria para llevar a cabo determinadas prácticas sociales. Un ejemplo de éstas lo tenemos en las expresiones artísticas emplazadas en entornos afóticos, en los que para la ejecución de determinadas creaciones no sólo era necesario la pericia del artista, sino también un conocimiento y control sobre la luz artificial en términos de herramienta utilizada en la producción y como un medio para consumir/visualizar aquel arte. Por tanto, la significancia e implicaciones de la luz en aquellas oscuridades era/es un factor clave en todo el proceso, desde el gesto creativo por parte de *unos*, hasta la visualización por parte de *otros* acerca de los motivos allí representados.

La simulación como medio de comprensión de la fenomenología

Las propuestas que tratan aspectos relacionados con la luz son un complemento en el estudio del arte prehistórico en cuevas. Hoy en día, la simulación de escenarios mediante realidad virtual –una práctica que lleva más de dos décadas en uso– abre un marco de posibilidades interesantes en términos de propuesta y reconstrucción de ambientes pre-históricos con finalidad científica o para la difusión patrimonial y el ocio (Forte 2011). Mediante la realidad virtual es posible construir escenarios para la investigación; en este caso concreto, se plantea una aproximación empírica a cómo los individuos percibían e interactuaban en una determinada región del espacio en función a la creación o visualización de arte por medio de dispositivos lumínicos. En otras palabras, estas simulaciones de escenas nos permiten aproximarnos a cómo los medios artificiales de iluminación podían facilitar y/o restringir la realización de determinadas actividades (Dawson *et al.* 2007; Masuda *et al.* 2006) y aproximarnos a determinados aspectos simbólicos y/o funcionales en diferentes tipos de estructuras (edificios y cuevas) a través de la gestión de la luz (p.ej. Papadopoulos 2010; Gutiérrez *et al.* 2008).

Desde esa perspectiva, el uso de la simulación de escenarios donde la luz es un factor clave se ha ido desarrollando en función de las posibilidades técnicas del *software*, las necesidades de la investigación y la búsqueda del mayor realismo y rigurosidad posibles (Devlin *et al.* 2002; Happa *et al.* 2010). A este respecto y a pesar de su potencial, la iluminación virtual de escenarios con arte rupestre, hasta el presente, ha recibido una atención limitada.

Durante el lapso temporal que abarcó el Paleolítico Superior, la panoplia de iluminación usada en cuevas se adscribe a tres categorías: hogares/fogones, lámparas de grasa y antorchas, de los cuales existen numerosas evidencias en el registro arqueológico (sobre todo, de las dos primeras). Éstos constituían puntos de luz tanto fijos como móviles, siendo el caso de las lámparas y antorchas los artefactos que por su versatilidad pudieron ser escogidos para transitar en las cuevas, así como para producir y observar las representaciones artísticas (Beaune 1987a, 2000; Beaune y White 1993; Medina *et al.* 2012). El caso de estudio propuesto se localiza en la costa cantábrica, a poca distancia de la Bahía de Santander (España), la cueva de La Garma, un complejo karstico no activo, en concreto porponemos un amplio sector denominado: la Galería Inferior. En el caso de estudio no contamos (hasta la fecha) con la presencia de ningún tipo de dispositivo lumínico, por el contrario, la docuemntación de lámparas de grasa animal en la región cantábrica está contrastada, si bien en un número significativamente menor que las documentadas en Francia (Beaune 1987b; Sánchez 2013). Este tipo de fuente de luz es la base empírica y paramétrica de este artículo, unos valores y especificaciones que ya fueron abordados mediante estudios experimentales por S. A. de Beaune (1987b), donde se exploran varias posibilidades y se extraen valoraciones acerca de las condiciones de iluminación y de la potencia lumínica de las lámparas.

Desde una aproximación más técnica, el proceso de simulación de luces procedentes de un cuerpo caliente que emite radiación electromagnética (incandescencia) se mide mediante dos sistemas de unidades: las unidades *radiométricas* y las *fotométricas*. La *radiometría* mide la radiación electromagnética entre 0,01 y 1.000 µm de forma "objetiva". Mientras que la *fotometría* (perspectiva desde la que se realiza esta propuesta) mide la radiación electromagnética que es detectada por el ojo humano, multiplicando la radiación recibida por la respuesta espectral del ojo. Además, se requiere contar con tres componentes elementales a la hora de caracterizar el comportamiento de la luz: la *fuente* de emisión, el *flujo* de luz emitido y la *superficie* iluminada.

Así pues, la *fuente* está condicionada por el tipo de mecanismo utilizado en la generación de luz y por el combustible que lo alimenta; la intensidad de la emisión se mide en *candelas* (cd) y cada unidad equivale aproximadamente a la llama de una vela de cera. El *flujo* hace referencia a la potencia lumínica percibida, a las condiciones de transmisión de la luz, lo cual depende de la intensidad de salida (cantidad de cd) y de la distancia entre la fuente y la superficie iluminada. En este sentido, la distancia es un factor importante, puesto que a través de ella se va reduciendo exponencialmente el potencial lumínico, siguiendo una función cuadrática. El flujo lumínico se cuantifica en *lúmenes* (lm). Finalmente, la *iluminancia sobre una superficie* depende de la potencia que aún alberga el flujo cuando éste la alcanza. La unidad de medida es el *lux* (lx) y refleja el poder de iluminancia según la cantidad de *lm* que el flujo puede repartir homogéneamente por cada m^2 de superficie alcanzada ($lx = lm / m^2$) (Pastoors y Weniger 2011: 380-383).

Las magnitudes y conceptos que miden la luz en términos radiométricos y fotométricos se expresan, sintéticamente, en el siguiente cuadro (tabla 1)[1]:

Así pues, y siguiendo dos leyes fundamentales en luminotecnia (*Ley de inversa de los cuadrados*[2] y la *Ley del coseno*[3]), podremos aproximarnos a las condiciones de iluminación que muestren valores en torno a la superficie iluminada (m^2) y el flujo de luz en la misma (lx), en términos de intensidad y en función de la distancia y la ubicación de la fuente de emisión. Esto nos permite elaborar un discurso interpretativo acerca de un conjunto de soluciones válidas, en torno a los requisitos mínimos necesarios para crear y/o visualizar arte en los casos de estudio propuestos en este trabajo.

Tomando como referencia lo expuesto, se considera que como mínimo son necesarios unos 3 lx para que el ojo humano pueda percibir los colores y en torno a 0,25 lx para poder transitar "correctamente" por un ambiente oscuro, lo que nos lleva a un flujo de entre 5-15 lm (Pastoors y Weniger 2011: 380-383). Asimismo, algunos estudios experimentales han concluido que las lámparas paleolíticas tenían una capacidad de iluminación menor a las velas de cera, lo que reduce su potencia hasta el 30% aprox. de 1 cd y sitúa el color de la llama en 2.400 Kelvin (Beaune 1987b). En consonancia a estos parámetros y mediante la aplicación de *software* orientado a ello, puede simularse la propagación de luz en cuevas atendiendo que el objetivo sea iluminar la superficie que contiene el arte rupestre. Para realizar las pruebas optamos por el programa *Autodesk 3ds Max*. Para ello, se importó al programa el modelo digital de una sección de la Galería Inferior, se emplazaron puntos de luz de emisión uniforme (*photometric light* > *free light* > *uniform spherical*) a los que se aplicaron diversas medidas y se procedió con la simulación (*rendering*) (ejemplos del proceso en Dawson *et al.* 2007; Levy y Dawson 2006).

Si bien la luz emitida por una lámpara paleolítica es menor a la de una vela, también es cierto que la iluminancia es sensible al tipo de combustible y a las características del artefacto, motivo por el que en la simulación se ha aplicado un

rango amplio para cada punto de emisión: 0,3 cd como dato experimental, 1 cd caso hipotético, y 2 cd como caso extremo y poco probable, respetando siempre el color de la llama en 2.400 K. Asimismo, resulta difícil suponer que una sola persona transitara con una única fuente de luz, ya que cualquier incidencia con el dispositivo podría entrañar riesgos en algunos entornos, sobre todo en aquellos en que el relieve de la cueva presente una topografía compleja y con desniveles abruptos. Fruto de esto, dos o más lámparas pudieron estar disponibles para la elaboración y la visualización de pinturas, que si bien no existe ningún apriorismo acerca de un uso conjunto y simultáneo, sí es necesario tener en cuenta dicha posibilidad. Esto implica comparar los resultados de una sola fuente con los obtenidos en la combinación de dos de ellas. Así, para proponer una distancia respecto a la superficie iluminada se han utilizado dos criterios: primero, siguiendo los parámetros experimentales se ha ubicado una fuente de luz de 0,3 cd a la distancia necesaria de la pared para obtener 3 lx (secuencia de comandos en 3ds Max: *intensity > X cd > 3 lx at Y distance*); segundo, para 1 y 2 cd los puntos de luz están separados de la pared 1,5 m aprox. Esto se debe a que el parámetro experimental es muy débil para obtener un resultado significativo a 1,5 m, por lo que sus implicaciones posteriores no pueden ser comparadas con las que se extraigan de emisiones más potentes e hipotéticas.

CASO DE ESTUDIO: GALERÍA INFERIOR DE LA GARMA

La relación entre luz artificial y arte es una tema tratado, pero la simulación y modificación de parámetros lumínicos desde software sólo cuenta con pocos casos implementados (p. ej. Devlin *et al* 2002; Madsuda *et al* 2006; Dawson *et al.* 2007), en el que se plantean diferentes escenas de luminosidad sobre diferentes casos. Inspirados en esas propuestas, en este artículo proponemos una aplicación sobre un caso de estudio perteneciente al complejo arqueológico de La Garma (Omoño, Cantabria, España). Este sitio es un yacimiento singular, se encuentra inserto en una estructura kárstica de galerías, simas y pozos, en el cual las condiciones de preservación de las evidencias materiales son excepcionales debido al colapso de la entrada original en torno a fines del XV milenio aC. Aquel evento selló la accesibilidad a la cavidad casi por completo hasta nuestros días, facilitando que los contextos arqueológicos se encuentren visibles en superficie (sin aporte sedimentario) y posiblemente en "posición primaria" (incidencia tafonómica reducida). Esas condiciones de conservación sobre los *suelos de ocupación* magdalenienses (Arias *et al.* 2001, 2011; Ontañón 2003), y otras tantas evidencias relacionadas con el arte (Arias 2009), definen un contexto arqueológico excepcional (más de 100.000 restos distribuidos por varios sectores de galería y con presencia de estructuras de habitación) que ha fue incluido en la lista de Patrimonio Mundial en 2008 (figura 2).

El estudio de la Galería Inferior de la Garma permite tratar toda una serie de temas arqueológicos desde una perspectiva empírica que no es posible en la mayoría de los yacimientos en cueva perteneciente a este periodo de la historia de la Humanidad. En tales circunstancias, y teniendo en cuenta que el acceso a la Galería Inferior es difícil y complicado (descenso vertical desde dos simas situadas en los sectores Garma A y B), y que la movilidad sobre suelos de ocupación es muy reducida, la simulación informática de escenas supone una opción útil.

Como se ha dicho anteriormente, la panoplia de medios lumínicos en el Paleolítico fue amplia y sin duda alguna, de esas técnicas algunas fueron implementadas en la Galería Inferior. Nuestra propuesta se centra en dos casos de estudio diferentes, no sólo por la cronología y la tipología en los motivos artísticos representados, sino por las condiciones morfo-métricas del área próxima donde se realizaron, las cuales influyen en el comportamiento de la luz y en cómo los individuos podrían haber resuelto las circunstancias inherentes a los procesos de creación y visualización del arte.

Por un lado planteamos trabajar con una zona que hizo las veces de panel frontal (muy próxima a los *suelos de ocupación* pertenecientes a la zona IV), en el cual el acceso y movilidad en sus proximidades es "fácil", posibilitando que tanto lo/s agente/s que lo crearon, como aquellos que lo visualizaron se pudieran emplazar en una posición "cómoda" y "accesible". Así, cabría destacar que la movilidad en esta zona de la cueva contempla varios grados de libertad en relación a la capacidad de aproximarse y alejarse sobre los motivos allí representados.

El segundo caso de estudio se encuentra en el sector más profundo de la cueva (zona IX), donde la dinámica del karst creó unas estructuras a modo de cubículos con techo bajo (no cabe una persona en pié). En este caso existen una serie de creaciones artísticas que, tanto por la localización como por las condiciones del soporte donde fueron realizadas, presentan limitaciones para su realización y visualización; lo cual dificulta considerablemente tanto el acceso a dichos motivos, como la movilidad cerca de ellos.

Somos conscientes que ambos casos son fenómenos claramente distintos en el tiempo y en los contenidos representados, por tanto, es más que probable que la intencionalidad de la creación también fue diferente. Así, en el primer caso estamos ante un panel con figuración animalística (dos *cabras* y un *uro*) localizado en mitad de la longitud de la Galería (aproximadamente a unos 150m de la entrada obturada), y relativamente próximo a una zona donde se registra una elevada presencia de restos (*suelo de ocupcaión*) relacionable con un conjunto de actividades sociales (zona IV), en la que

se documentan elementos estructurales, compartimentación del espacio, presencia elevada y espacialmente organizada de restos de fauna y de industria lítica (Arias *et al.* 2011, Barcia 2013; Maximino *et al* 2013).

El segundo caso, se emplaza en el extremo más alejado de la entrada, sin ninguna evidencia material de otras posibles actividades antrópicas ni en sus aledaños ni en su cercanía. A esta zona, que presenta un acceso limitado y difícil, el tipo de representación que aparece es un conjunto de manos pintadas en negativo (Pettit *et al* 2014).

El principal interés a la hora de trabajar con estos casos tan dispares, se centra en la determinación del comportamiento de la luz en contextos tan distintos. Mientras que el primer caso estamos en un entorno de fácil movilidad y relativamente abierto, lo cual hace necesario focalizar sobre una serie de localizaciones la emisión de los dispositivos lumínicos, ya que aquélla se propagaría abiertamente. En el segundo caso, al ser una cavidad pequeña, la luz estaría "contenida" e irradiaría en todo ese volumen de manera más intensa que en el caso anterior (figura 3).

La incidencia en relación a la generación de más o menos flujo lumínico en el tipo de combustible empleado (grasa animal, tuétano,…), junto al número de puntos de luz, la intensidad y posición de los dispositivos lumínicos, son los parámetros que se analizan en este estudio. Es evidente que el tipo de pigmento que se empleó en la pintura debió tener un impacto diferencial en función de la intensidad de luz y del modo en el que la luz incidiera sobre él. En este estudio, no hemos contemplado ese conjunto de variables (magnitudes colorimétricas), ya que sólo nos hemos centrado en describir cualidades fotométricas en términos de la fuente radiante. Tras los resultados de este estudio, pretendemos abordar esa cuestión, en la que trataremos diferentes longitudes de onda del espectro visible percibido por el ojo humano acerca de los colores en términos de brillo, tonalidad y saturación, estableciendo así un conjunto de relaciones con los posibles tipos de fuentes de iluminación.

SOFT COMPUTING Y SIMULACIÓN COMO FORMA DE APROXIMARNOS A DETERMIANDOS FENÓMENOS DEL PASADO

Ya que nuestro objetivo es modelar escenarios bajo una variable principal (posición, tipo e intensidad de luz en relación al arte parietal), nuestra hipótesis de trabajo se centra en estimar y contrastar una serie de parámetros en los cuales se dan las condiciones necesarias, tanto para la creación como la visualización de aquellas producciones artísticas. Para tratar estos contenidos, no usaremos una perspectiva al uso acerca de la optimización de problemas (*Hard Computing*), sino otra opción (*Soft Computing*), en la que la parcialidad e incertidumbre de los datos que manejamos, junto a lo difuso del proceso que queremos caracterizar no sea un factor limitante, sino que posibilite la creación de un tipo de conocimiento significativo y validable empíricamente.

Aunque el caso de estudio de este artículo pudiera ser abordado desde un proceso analítico de optimización (conocer los valores extremos de la función de iluminación para poder llevar a cabo la actividad de creación y/o visualización del arte), todo ello incluiría una enorme variedad de situaciones en función a qué se consideren casos lineales, no lineales, aleatorios, contar con un solo decisor o varios decisores, etc. Entre todos los modelos que se incluyen desde la perspectiva de optimización de problemas, el más y mejor estudiado, así como el que ha probado tener unas repercusiones prácticas más importantes es el correspondiente al caso lineal uni-objetivo, el cual visto en perspectiva computacional se aborda desde la Programación Lineal. Los métodos y modelos de la Programación Lineal tienen relevantes aplicaciones en las diferentes áreas de las Ingenierías, la Economía, las Matemáticas, la Investigación Operativa, la Inteligencia Artificial, y demás disciplinas más o menos relacionadas con la optimización, y constituyen un sustrato teórico más que adecuado para abordar de un modo eficiente situaciones complejas. Pero en este caso no vamos a emplear esa perspectiva, ya que cualquier fenomenología arqueológica cuenta *per se* con conjuntos de datos parciales y con cierto grado de incertidumbre, lo cual nunca puede derivar en un conjunto de soluciones exactas. Por ello pretendemos usar un planteamiento *Soft Computing*, el cual -tomando la definición de L. A. Zadeh- es: "…*algo ajeno a un cuerpo homogéneo de conceptos y técnicas. Más bien es una mezcla de distintos métodos que de una forma u otra cooperan desde sus fundamentos. En este sentido, el principal objetivo del Soft Computing es aprovechar la tolerancia que conllevan la imprecisión y la incertidumbre, para conseguir manejabilidad, robustez y soluciones de bajo coste*…" (Zadeh 1994: 49, traducción propia).

Consideramos que la utilidad del *Soft Computing* sobre el tipo de problema arqueológico que queremos tratar (iluminación del arte parietal para la producción y/o visualización), se asienta en la perspectiva del mismo en términos de tolerancia a la imprecisión, así como en la presencia de incertidumbre inherente al tipo de datos desde el cual contrataremos nuestro conjunto de hipótesis. El objeto de estudio no es más complejo que el de otras disciplinas, más bien abarca toda una serie de factores que, por más precisos que pretendamos ser en nuestras simulaciones, nunca alcanzaríamos unas condiciones óptimas y equiparables a las de *aquellos* que crearon y visualizaron las producciones artísticas.

Sin embargo, sí podemos establecer una aproximación robusta y empírica bajo una serie de condiciones (las lumínicas) desde las cuales sí proponemos simular determinadas situaciones en términos de imprecisión, más que pretender ajustar una determinada función paramétrica sobre una supuesta iluminación óptima en una determinada región espacial.

El *Soft Computing* no tiene por finalidad establecer una definición precisa del evento, suceso o entidad objeto de estudio, sino que es un modo de generar conocimiento (y en ocasiones la única vía posible) que intenta superar las dificultades de los problemas reales dados en un universo muestral que es impreciso, de fenomenología difusa y por ende complejo de categorizar.

Según el argumento anterior, entendemos que la iluminación en la creación y visualización del arte parietal, debe ir más allá de un problema de optimización, ya que el fenómeno estudiado incluye cierta imprecisión en los cálculos debido a la disponibilidad de unos datos parciales (las propias creaciones artísticas) y partir de un contexto, el arqueológico, que por sí mismo es limitado (solo podemos percibir una fracción material de efectos de un conjunto de acciones causales). De este modo, el objeto de estudio propuesto debe definirse como perteneciente al campo del *Soft Computing* (Li *et al.* 1998: 290) ya que no sólo se debe permitir cambiar (disminuir) la granularidad del problema, sino que además, es necesario suavizar ("*soft*") los objetivos de optimización en cualquier etapa de la investigación.

Pero, ¿por qué insistimos en plantear el objeto de estudio desde la imprecisión e incertidumbre?, ¿no sería más fácil parametrizar y simular condiciones de manera ajustada, evaluar los resultados y promover determinados prototipos para la interpretación del fenómeno objeto de estudio? Probablemente, si hiciéramos eso, no sólo estaríamos limitando el problema a un restringido entorno de solución, sino que además realizaríamos una interpretación claramente reduccionista acerca de una fenomenológica que debió ser mucho más compleja. A modo de ejemplo de cómo el reduccionismo incide en la capacidad interpretativa, tomamos la propuesta de K. Devlin (Devlin *et al.* 2002) sobre la incidencia de la luz en el arte rupestre prehistórico (bajorrelieves) de *Cap Blanc* en el Sur de Francia. Gracias a la aplicación de potentes recursos geomáticos se escaneó todo el friso donde se emplazan los bajo relieves (más de 55.000 puntos) con un nivel de precisión de 20 mm junto a fotografía digital como medio para reproducir la textura del soporte lítico (Robson Brown *et al.* 2001). Con esos datos digitales, Devlin y colaboradores implementaron numerosos procesos para simular la incidencia de la luz sobre diferentes escenas. Algunos de sus resultados se muestran en la figura 4, donde la misma evidencia artística (caballo) fue tratada con diferentes parámetros (tipo, intensidad y posición de la luz). Mientras que la imagen de la izquierda es una simulación en la cual el motivo artístico está iluminado mediante una luz incandescente de 55 w incidiendo frontalmente sobre la figura (tal y como el público lo visualiza actualmente). En la parte derecha se simuló una iluminación situada próxima a la base del relieve (en la imagen se aprecia un punto blanco en el lado inferior izquierdo, el cual indicaría la posición de esa fuente de luz), en donde se recrean las condiciones lumínicas de una lámpara cuyo combustible sería sebo de grasa animal –aproximándose así al tipo de combustible usado hace 15.000 años–. Como se puede contrastar (aún mostrando las imágenes en blanco y negro), la diferencia entre las dos imágenes es significativa. Con la simulación de un dispositivo lumínico de combustible de grasa animal (derecha), la iluminación da un conjunto de matices que son completamente irreconocibles en la simulación del lado izquierdo (luz artificial constante a 55 w), así como el aumento de las sombras como elemento que perfilaría mucho mejor la figura animal.

Según esas simulaciones, parece que la propia fuente de luz y sus diferentes posiciones fuesen un medio que aportase mayor realismo y calidad a la figura, lo cual puede inducir a pensar en la intencionalidad por parte de los artistas en atribuir una sensación de movimiento sustantivado en la presencia de un juego de luces, en términos de cantidad, intensidad y posiciones de las lámparas. Con esos resultados, se puede postular un argumento acerca de que determinados contenidos que no aparecen claramente perfilados en la ejecución de las figuras no serían un error de ejecución, o ni tan siquiera un efecto de la erosión/degradación del soporte, sino más bien responderían a una práctica intencional que serviría para facilitar tanto la sensación de realismo como de movimiento en las figuras mediante la concurrencia de una o varias luces de intensidad baja e irregular en diferentes posiciones (Devlin *et al.* 2002).

Con este ejemplo, cuyo resultado es claramente ajeno a un proceso de optimización[4], pretendemos incidir en la noción de *Soft Computing* como el entorno más apropiado para afrontar determinados problemas arqueológicos (como es el caso de la iluminación del arte prehistórico en cuevas) y establecer un conjunto de soluciones que, aún siendo más robustas y aproximativas, son completamente válidas en términos de interpretación, y de ser contrastada empíricamente.

Desde el *Soft Computing* es posible alcanzar una comprensión acerca de la fenomenología investigada, generando un discurso en términos de un lenguaje accesible por parte de un usuario no experto[5]. En definitiva, preferimos aportar conocimiento desde un entorno heurístico y flexible desde el cual se puede interpretar un conjunto de datos (parciales y con cierto grado de incertidumbre) procedentes de un fenómeno complejo (producción y visualización de arte) en términos de una interpretación eminentemente holística. Bajo ese referente, queremos conocer las condiciones de luz necesarias para crear y visualizar arte en cuevas, para lo cual decidimos partir desde el concepto aplicado en Realidad Virtual y que se conoce como: "*escena*".

Una *escena* es una representación geométrica 3D de un entorno virtual (creado mediante medios de captura que replican una porción de realidad, o bien es un producto *ex profeso* para crear un entorno que cumpla determinados principios) de forma que en él se pueda calcular la imagen correspondiente a un punto de vista arbitrario (figura 5). Además de

este modelo geométrico, los sistemas de realidad virtual también requieren utilizar algoritmos de visualización realista (p.e. algoritmos de síntesis de imágenes) para poder generar las imágenes a partir de estas representaciones digitales de la *escena*. Por todo ello, para poder generar una que permita interactuar adecuadamente con diferentes parámetros relacionados con la luz debemos desarrollar un entorno de trabajo que se inicia con el modelo digital 3D (nube de puntos y malla de triángulos) de la zona que queremos investigar. Con esos datos generamos la *escena* (en cualquier software de modelado 3D) en la cual cargamos diferentes supuestos de iluminación (para ello hemos empleamos el software *Autodesk 3ds Max*).

RESULTADOS DE SIMULAR LUCES EN LA CUEVA

Se han realizado escenas simuladas para determinar el comportamiento de la luz (incidencia sobre el arte y en sus proximidades) en base a diferentes parámetros en la fuente lumínica, llevando a cabo pruebas con distintos valores de intensidad: desde ejemplos extremos y poco realistas (5 cd) a parámetros más coherentes (desde 0,3 cd hasta 2 cd) y con la presencia de una o dos linternas[6]. En los resultados obtenidos, observamos que la fuente de luz experimental (0,3 cd) pudo estar orientada a un uso muy próximo sobre la superficie que pretende ser iluminada, necesariamente a una distancia menor de 0,5 m. Mientras tanto, en las emisiones de luz a 1 y 2 cd, la iluminancia se ve favorecida por el entorno, especialmente en términos de reflectancia (sobre todo en el segundo caso de estudio), posibilitando así un emplazamiento más o menos eficiente de la fuente a distancias de 1,5 m.

Logicamente, con el aumento de la intensidad también crece el potencial iluminativo pero, dado el decrecimiento cuadrático del flujo lumínico (*Ley de inversa de los cuadrados*) en las fuentes de baja intensidad, parece mucho más relevante la posición relativa de ésta respecto a elementos potencialmente reflectivos, que no la potencia emitida en sí misma. En este sentido, hemos comprobado que la acción de iluminar una superficie (donde se encuentra el arte) depende de la interacción entre ésta, la fuente de luz y posibles elementos adyacentes. En el primer ejemplo (Zona IV de la Galería Inferior) esto obliga, en el caso de la lámpara experimental (0,3 cd), a ubicar el punto de luz muy cerca del panel debido a la baja intensidad lumínica y a la falta de superficies reflectantes cercanas. En el segundo caso (Zona IX de la Galería Inferior), la misma lámpara ve aumentada sensiblemente su iluminancia, con lo cual ese tipo de luz debió ser más operativa.

La alternativa a la localización del emisor de luz a corta distancia pasa por aumentar la intensidad de la fuente de emisión, lo cual a su vez implica mucho más margen de posicionamiento en el caso de 1 y 2 cd que en el caso de 0,3 cd, lo que parece mostrar una correlación negativa entre mayor cantidad de luz y una posición específica de la fuente. En otras palabras, la localización de la fuente lumínica parece ganar independencia espacial a medida que crece la intensidad de su emisión (correlación positiva). En los siguientes apartados, mostramos con más detalle los resultados de las simulaciones y su implicación en la determinación de posibles ubicaciones donde se emplazarían tanto los agentes creadores del arte, como aquellos que lo visualizaron.

Zona IV de la Galería Inferior: panel con representación animalística

La zona de la Galería Inferior en la que se encuentra este panel se encuentra bastante accesible y permite la movilidad alrededor de él. Esto hace que tanto la creación como la visualización del arte pudieron ser acciones relativamente sencillas (figura 6) tanto para la ejecución y visualización de los motivos representados (especies animales asociadas a cabra y uro) en la superficie de la pared.

Para realizar las simulaciones partimos de una idea por la que el emplazamiento de la/s lámpara/s incidirá tanto en la zona con pintura, como en sus aledaños. Mediante esto, pretendemos generar un conjunto de escenas con diferentes valores en términos de número de linternas (hemos trabajado con los supuestos de 1 o 2 dispositivos lumínicos), la intensidad de iluminación (cd), su emplazamiento y la distancia al panel. Con ello, pretendemos encontrar si pudo ser posible la convergencia de diferentes configuraciones, tanto para la producción del arte como para su visualización; siempre yendo más allá de las condiciones óptimas, ya que esas condiciones son sólo un caso posible dentro del espectro de casos probables.

Para empezar a calibrar las escenas, decidimos modular parámetros en términos de condiciones extremas. Por un lado, el grado de iluminación 1 y 5 cd y por el otro, localizaciones diferentes de la lámpara con misma intensidad (2 cd). Estos primeros resultados fueron positivos a la hora de discriminar valores extremos (figura 7). Se contrastan los cambios significativos inducidos por intensidad y localización de la fuente lumínica. Pero, ¿cómo podría ser la tendencia en los parámetros de luz implementados por los artistas que pintaron y por aquellos que visualizaron las expresiones artísticas? Obviamente, no podemos asignar un valor concreto, ni podemos encontrar una prueba empírica que demuestre la configuración utilizado – en términos de intensidad, localización y número de linternas empleadas–; a menos que

podamos viajar en el tiempo y ver a los individuos haciendo dichas acciones…, tan sólo podemos modular una serie de variables y, con ellas, obtener un conjunto de posibles soluciones.

En ese tipo de condiciones, decidimos trabajar con una serie de escenas en tanto en cuanto podrían ser los valores esperados según una distribución de tipo gaussiana (figura 8). Con ello, estimamos un modelo teórico de distribución un tanto *asimétrico* (positiva) (ya que para estas cronologías hay una mayor probabilidad en encontrar lámparas que iluminasen poco, intensidad < 1 cd, que lámparas que iluminasen mucho, intensidad > 2,5 cd), y *mesocúrtica*.

Por consiguiente, la curva distribuye la probabilidad de la iluminación de las lámparas. En la desviación típica de la misma, nos encontraríamos con valores de iluminación comprendidos entre 1 y 2,5 cd; al 95%, con un intervalo que va desde 0,3 hasta 3,5 cd. Por último, al 99% también entrarían los valores – muy poco probables– que engloban casos desde 0,1 hasta 5 cd.

Asumiendo el modelo de distribución gaussiano y otras consideraciones ulteriores (como la ausencia de puntos de luz fijos que si están documentados en otras cuevas de la península ibérica con cronología parecida: Medina *et al* 2012), hemos decidido trabajar con una serie de simulaciones en las que excluimos los valores extremos (intensidad < 0,3 y > 2,5 cd), simulando una serie de escenas a 0,3; 1 y 2cd con una sola luz en diferentes posiciones y dos luces (con mismo valor) a la vez (figura 9). Con ello, pretendemos caracterizar unas condiciones básicas de iluminación en tanto en cuanto el ojo humano pueda visualizar el arte y moverse en su entorno próximo (siempre bajo el supuesto del único uso de lámparas portables para alumbrarse), ya que la oscuridad absoluta es la condición normal mas allá de la zona donde los diferentes individuos realizaron sus acciones (crear y consumir arte, transitar,…).

En función de las condiciones existentes y los tipos de luces simuladas para iluminar el *gesto creativo*, se propone una solución "verosímil" en torno a un intervalo de entre 0,3 y 1 cd en cada fuente de emisión; de las cuales es probable que hubiera más de un dispositivo lumínico funcionando simultáneamente. Esto supone que la acción de iluminar tuvo que permanecer relativamente cerca de la pared y, ante una potencia limitada, se hace necesario pensar en la hipótesis de gestión del flujo de luz en torno a cierta movilidad del dispositivo para satisfacer las necesidades demandadas por el gesto pictórico.

Así, en el supuesto que interviniese un único agente en la creación, *aquel* debió apoyarse en puntos fijos cercanos en los que apoyar la linterna portable, como ya se ha dicho arriba, no existen evidencias contrastadas acerca de potenciales sitios fijos para iluminar. Asimismo, estos parámetros permiten aproximarnos a una estimación del área que la/s persona/s necesitaron para la producción del arte. Por ejemplo, en el caso de dos agentes, con dos lámparas de entre 0,3 y 1,5 cd por cada punto de luz móvil, aportarían respectivamente entre 2,5 y 4 m^2 aprox. En el caso de contar con más potencia de iluminación, tanto emitida *per se*, como la acumulada por varias lámparas, la superficie de iluminación será mayor (aprox. 5,5 m^2); sin embargo si se tratara de un solo agente, la movilidad se reduciría mucho (véase figura 10).

Para el proceso de visualización del arte, y en base a las simulaciones realizadas con una y dos lámparas a 1 y 2 cd, se estimó un perímetro que cumpliera con los requerimientos necesarios para que el ojo humano pueda apreciar la pintura.

Es muy probable que el concepto de visualizar fuera una actividad radicalmente distinta a lo que en la actualidad realizamos sobre estas pinturas a la hora de analizarlas, es decir, adoptamos una posición eminentemente estática y con unas fuentes de iluminación radicalmente distintas a las existentes en el pasado. La complejidad de la acción de visualizar el arte en su contexto cultural/ideológico original (Paleolítico) probablemente induciría a que los miembros del grupo interactuasen con la escena/s recreada/s (acercándose/alejándose, cambio de posición…). Por otra parte, se considera que los efectos visuales (sensación de volumen, movimiento…) que pudiera aportar el crepitar propio de la fuente de luz, debió jugar un papel importante en la visualización de dicho arte.

Por lo inmaterial de la acción de consumir el arte y para la visualización del mismo, hemos pensado en varios supuestos donde se combinan 1 y 2 luces a 1 y 2 cd, siendo conscientes que las combinaciones posibles son múltiples. Por ejemplo, podríamos haber pensado en supuestos como: una luz fija en un punto a 2 cd junto a otra lámpara de 0,5 cd que fuese movida en función al tramo de la escena que se representa acorde a que figura, dos luces con valores de iluminación muy diferentes para generar un contraste fuerte en torno a la escena y sus aledaños,... Evidentemente, aunque simulásemos todos los casos coherentes no encontraríamos un contraste contundente para desechar unas escenas y seleccionar otras *per se*. Por ello, buscamos soluciones flexibles que nos den una idea de posibles configuraciones en torno a la visualización del arte. Así, si se dispone de una única fuente de luz a 1 y 2 cd, nos interesa aproximarnos a la superficie y movilidad de los observadores entre el panel y el suelo que pisaban, tal cual se representa en las siguientes imágenes (figura 11).

Mientras que en el supuesto en el que se dispone de dos luces a 1 y 2 cd (simulaciones en figura 9, columna izquierda imagen del centro e inferior) la superficie y, por consiguiente, la movilidad de las personas, se ve incrementada notablemente tal como muestra la siguiente imagen (figura 12).

En oposición a los dos casos anteriores, la misma prueba con dos luces a 0,3 cd, nos indicaría que los observadores deberían estar muy próximos a las representaciones, con el menoscabo de movilidad y superficie de suelo por el que transitar, pero con la ventaja de que esa proximidad posibilita detectar determinados detalles, e incluso generar algún tipo de efecto visual en base a la luz (figura 13).

Zona IX de la Galería Inferior: panel con manos pintadas

En la Zona IX de la Galería Inferior (casi al final de la cueva) es donde se encuentra esta representación artística. Tanto los motivos representados (negativos de manos), las condiciones de accesibilidad, como la movilidad alrededor de ella son muy diferentes al caso anterior. Aquí, tanto la posición para crear como de visualizar es incómoda (un adulto debe estar flexionado) y dificulta cualquier tipo de ejecución (ya sea crear, ya sea visualizar) (figura 14).

El planteamiento y el procedimiento es similar al caso anterior, pero aquí, debido a la configuración del volumen (zona angosta con el techo a 1,4 m de altura aprox.) las linternas incidirán tanto en la zona con pintura, como en sus aledaños de una modo considerablemente distinto a como sucede en el otro caso de estudio. Mediante esto, pretendemos generar un conjunto de escenas con diferentes valores en términos del número de lámparas (1 ó 2), la intensidad de iluminación (cd), su emplazamiento y la distancia al panel. Igual que en el otro caso, empezamos calibrando las escenas en términos de parámetros extremos. En la siguiente imagen (figura 15) se muestran los resultados, en la fila superior la iluminación es de 0,3 cd con diferente posición y con 2 lámparas, en la fila inferior se usan las mismas localizaciones pero con un valor de intensidad de 2 cd.

Destacan los resultados obtenidos en la fila inferior en términos de cómo actúa la reflectancia contra el techo, rebotando la luz en toda la estancia (figura 15 parte inferior). El caso inferior derecho de la serie (2 luces a 2 cd al 100%) supone el caso extremo de iluminación, una circunstancia que se antoja poco probable de haber sucedido.

En este caso, estamos ante la misma tesitura que en el panel con motivos animalísticos, ya que ni podemos asignar un valor concreto, ni encontrar una prueba empírica que demuestre el tipo de configuración usada –en términos de intensidad, localización y numero de lámparas-, tan sólo podemos modular variables y obtener un conjunto de posibles soluciones que permitan entender la fenomenología desde una perspectiva global. En este sector de la Zona IX, la configuración del espacio incidió en la forma en que se pintaron los motivos (techo bajo), hace que la luz refleje e incida sobre tres planos (pared donde está la pintura, suelo y techo), lo cual podría establecer una relación diferente acerca de la cantidad de iluminación e intensidad de luz necesaria para la producción y la visualización del arte. En este escenario, más que la potencia lumínica, la localización (distancia) del punto de luz sobre el panel podría ser el factor decisivo, ya que a medida que nos alejamos de la pared la estancia se ilumina más, pero no disminuye en la misma proporción (siendo solamente un tanto inferior), la cantidad de luz que incide sobre los motivos artísticos tal como se comprueba en la simulación de escenas (figura 16).

Parece ser que la configuración de la zona donde se emplaza el arte, posibilita que los parámetros de iluminación para crear y visualizar se encuentren bastante próximos entre sí (incluso en algunas simulaciones no se percibe distinción). Se realizaron series de simulaciones, de las cuales seleccionamos tres para ejemplificar cómo cambian las características del entorno en base a la luz (1 ó 2 lámparas), según su intensidad y el emplazamiento (figura 17).

Según las condiciones existentes y los tipos de luces posibles, existe una serie elevada de combinaciones para alcanzar soluciones factibles acerca de cómo iluminar esta parte de la cueva, ya fuese para crear arte o para visualizarlo. En este caso, las condiciones de la zona facilitan que una sola persona pueda realizar todo el proceso de creación sin necesitar la colaboración de otra en tanto en cuanto la cantidad de luz sea igual o mayor a 1 cd. Este valor (ya sea con una o dos fuentes de luz) cumple con los requisitos del ojo humano tanto para iluminar el gesto creativo, como para visualizar ese tipo de arte.

Consideramos que la solución de emplear dos luces es algo factible, pero frente a la simulación de 2 cd – la cual se entiende como una solución excesiva–, surge una interesante solución con 2 luces a menos de 0,5 m de distancia del panel y con 0,3 cd. Siguiendo esos mismos parámetros y con simulaciones de un único punto de luz, nos indica que para la creación del arte sería necesaria la presencia de un segundo dispositivo (portada por otra persona o bien quedando fija en el suelo), iluminando de manera puntual sobre a la zona donde se emplazan las manos pintadas (figura 18).

Bajo estas condiciones, hemos decidido plantear dos propuestas acerca de la superficie necesaria para realizar el arte en función a la iluminación con 0,3 y 1 cd. Según lo dicho más arriba, estimamos que la cantidad de luz necesaria, tanto para la producción de este tipo de arte como para la visualización del mismo, pudo haber sido muy similar en determinadas circunstancias. Para hacer una estimación acerca de cuánta superficie estaría disponible para visualizar el arte, podemos teorizar con el valor de 2 luces a 1 cd, lo que nos lleva una superficie iluminada en torno a los 10 m^2 (figura 19).

Frente al caso del panel situado en la Zona IV, este tipo de arte no muestra un cambio significativo dentro de unos intervalos lumínicos de la fuente de luz empleada tanto para producir como para visualizar; más bien, parece depender de la distancia a la que la fuente de emisión de luz se sitúe. Esto puede ser causado por la complejidad en el acceso como en el mantenimiento –aparentemente poco confortable– tanto para el/los artistas y los espectadores en las proximidades del arte. Por ello, sostenemos la hipótesis por la cual la iluminación a distintas distancias (pero sin cambio en la intensidad) pudiera ser el argumento principal para la creación y la visualización.

CONCLUSIONES

El uso de la luminotécnica se vincula a la Arquitectura, Ingeniería Civil, a la decoración y funcionalidad en espacios de trabajo, de ocio, etc. Los estudios de luminotecnia suelen adscribirse a parámetros de *normalidad*, *proporcionalidad* y *razón* constantes entre las dimensiones de los volúmenes y de los planos que cohabitan, con lo cual la simulación de escenas de iluminación contempla cierto grado de complejidad, pero es relativamente facilmente abarcable. Así, por ejemplo, simular luces en un templo romano, en el interior de un megalito o en una catedral gótica, nos asegura ciertas recurrencias en términos de *razón*, *proporcionalidad* y *norma*, y todo ello nos permite percibir cómo la luz se propaga y cómo es su reflexión en planos perpendiculares, paralelos, secantes o con una oblicuidad determinada.

Frente a ese tipo de casos, simular escenas de iluminación en volúmenes que han sido el fruto de fuerzas naturales y su posterior modelación por parte de múltiples agentes – caso de la dinámica kárstica en la Galería Inferior de la cueva de La Garma– nos garantiza una volumetría en donde *razón*, *proporcionalidad* y *norma* son ajenas a esas condiciones controladas de la edificación. Esto implica un grado de complejidad inherente si queremos realizar una simulación de escenas de iluminación.

Junto a esto, debemos añadir a nuestra simulación una elevada combinación de posibles soluciones (en función a la iluminación, intensidad, distancia y número de lámparas) y la parcialidad del registro arqueológico, en términos de pruebas empíricas que permitan correlacionar datos (naturaleza del tipo de soporte, pigmentos, dispositivos para iluminar,…) y evidencias (pinturas), con el proceso causal (iluminar) y sus implicaciones espaciales (superficie necesaria para crear y/o visualizar). De este modo, nos enfrentamos a un problema abarcable pero complejo no en términos de posibles soluciones, sino en cómo enunciar la problemática para que permita encontrar soluciones empíricas e ir más allá de un discurso eminentemente descriptivo.

Simular escenarios y modular parámetros en un entorno digital desde un enfoque *Soft Computing* puede ser la solución idónea para investigar este tipo de problemas arqueológicos. Esto nos ha permitido alcanzar toda una serie de resultados que son replicables y empíricamente contrastables no ya sólo virtualmente, sino descendiendo a la cueva y realizado una serie de arqueo-experimentos con dispositivos lumínicos creados y configurados *ex profeso* para se implementados sobre la realidad. Por ello, el conjunto de soluciones que exponemos muestra tendencias que nos indican las posibilidades y los límites que afectan al comportamiento de la luz en estas volumetrías tan irregulares, con una fuente lumínica (linterna portable) que ni es constante, ni continua en el flujo de luz emitido.

Ante estas circunstancias, hemos pretendido ir más allá, ya que no sólo queremos valorar cuánta y cómo podría haber sido la intensidad lumínica empleada, sino que además proponemos una diferenciación intencional en las características de las luces ante diferentes tipos de acciones relacionadas con el arte, en tanto en cuanto el gesto creativo y la visualización y/o el consumo de esas producciones. Para dilucidar esto, es necesario analizar diferentes cuestiones que están más allá de iluminar la figuración con diferentes parámetros. Tan sólo con estimar el caudal posible de luz ante un volumen irregular, donde el soporte en el que se emplaza el arte no es homogéneo, hace que la escena simulada sea un agregado de particularidades que, sin duda, desde la perspectiva de los artistas paleolíticos debieron ser un cúmulo de oportunidades en donde poder emplazar sus creaciones. Sin embargo, para nosotros se trata de un cúmulo de factores (aparentemente) inconexos de los que sólo percibimos una pequeña y sesgada fracción.

Las soluciones alcanzadas en este estudio nos han llevado a plantear toda una serie de supuestos diferenciales acerca de la creación artística – siendo el resultado de un trabajo realizado por uno o más agentes–, lo cual nos indica unos valores "reales" de cantidad de luz y superficie necesaria para la ejecución de esa acción. Lo mismo sucede para el supuesto de consumir/visualizar aquellas creaciones, para los que fueron necesarios unas determinadas condiciones de iluminación junto a unos grados de libertad en el movimiento de los observadores.

De manera más concreta, para el caso del panel de figuras de animales (Zona IV) se ha podido contrastar la diferencia en las condiciones necesarias de luz para la creación y la visualización del arte, donde la intensidad y la localización de la/s lámpara/s son diferentes según la acción realizada. En el caso de las manos pintadas (Zona IX), se pudo contrastar una tendencia en la indiferencia en/hacia la intensidad y la localización de la luz para la producción o la visualización dentro de unos intervalos concretos (1 o 2 cd emplazadas a 1 m aprox.). Esto nos lleva a pensar que las condiciones del medio (volumen) en el que el arte se localiza, debería reunir toda una serie de requisitos relacionados con el soporte y el uso del artefacto lumínico, que proporcionarían la expresividad deseada en las representaciones artísticas. Por ejemplo, para la visualización, la acción de modular la proximidad/lejanía y la intensidad de la luz sobre el arte en presencia de espectadores (contexto colectivo) genera ciertos efectos visuales que no podrían obtenerse con una o varias luces fijas (es paradójico que esto último es lo que ahora hacemos cuando intentamos interpretar o hacer una puesta en valor del arte parietal prehistórico).

Según las simulaciones que hemos realizado y atendiendo a sus resultados, podemos considerar una variedad elevada de posibles soluciones, pero es cierto que existen unas tendencias significativas en torno a cómo se propaga e incide la luz en los dos escenarios propuestos, siendo esas tendencias lo que sustentan las conclusiones en este estudio. En las páginas anteriores se han presentado más de treinta simulaciones, una muestra exigua pero representativa dentro de un determinado espectro de combinaciones posibles con las que hemos trabajado (si sólo pensamos en términos de intensidad de la luz, número de linternas y localización de las mismas en relación a las figuras, obtenemos más de un centenar de combinaciones posibles).

Con este trabajo pretendemos abrir una línea de investigación en torno a este objeto de estudio y otras variables que podrían incidir en él. Somos conscientes que nos queda abordar múltiples aspectos, por ejemplo cuestiones relacionadas con el *color*, una componente significativa tanto en la creación y en la visualización del arte, así como el estudio pormenorizado de la *textura* y la *granulometría* del soporte donde se realizaron las pinturas. Allgo que debió ser significativo ya que las condiciones del soporte otorgan unas características (conocidas/intuidas por los artistas) en términos de grado de absorción de pigmentos y reflectancia de la luz, entre otros. Existe un aspecto muy interesante que es comúnmente conocido y aceptado pero que debe desarrollarse, el cual esbozamos bajo el concepto "*grado de preservación/degradación*" de las pinturas. Es decir, estas evidencias vistas en el presente (con una antigüedad de más de 15.000 años) y debido a la acción de múltiples agentes, pudieron ser diferentes en cuestiones de colorido e intensidad tanto en el momento de su realización como en los primeros centenares de años tras su creación: *¿qué calidad en las pinturas percibimos en el presente?*

Todo esto, y otras cuestiones no citadas en este texto, nos lleva a plantear nuevas y necesarias líneas de trabajo acerca de las implicaciones de la luz para generar e integrar conocimiento útil, orientado a la comprensión global de un fenómeno tan complejo como es/fue el arte prehistórico. Por el momento, los resultados alcanzados no sólo nos permiten proponer diferenciaciones en los recursos lumínicos y en el consiguiente uso del espacio, sino lo más importante, enfocar el problema desde una perspectiva flexible (*Soft Computing*) desde la cual se puede generar conocimiento significativo.

NOTAS

[1] Consultado en: http://www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/manlumi.php
[2] "La iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia existente entre la fuente de luz y la superficie iluminada".
[3] "La iluminación es proporcional al coseno del ángulo de incidencia"; dicho ángulo está formado por la dirección del rayo incidente y la normal a la superficie en el punto de incidencia P.
[4] Esto se debe a que el tipo de problema ni parte de un conjunto de datos completos, puesto que sólo tenemos la parcialidad de una figura creada en la pared de un abrigo que no sabemos cómo se iluminaba (y que seguro no hubo una luz "parecida" a la actualmente usada en su visualización y puesta en valor), ni tampoco permite alcanzar una solución unívoca.
[5] Desde un punto de vista arqueológico, de un usuario concreto, el investigador, quién nunca podrá conocer los modos ulteriores acerca de la acción y los fines pretendidos en la producción y consumo de arte.
[6] El conjunto de pruebas realizadas sobre las diferentes escenas en los dos casos de estudio propuestos se han ceñido a una serie de condiciones teóricas construidas *ex profeso* mediante la literatura científica al uso y una serie de datos empíricos existentes en la cueva.

REFERENCIAS

ARIAS, P. 2009. Rites in the dark? An evaluation of the current evidence for ritual areas at Magdalenian cave sites. *World Archaeology* 41 (2): 262-294.

ARIAS, P; C. GONZÁLEZ; A. MOURE y R. ONTAÑÓN. 2001. *La Garma: un descenso al pasado (2ª edición)*. Consejería de Cultura, Turismo y Deporte del Gobierno de Cantabria, Santander.

ARIAS, P.; R. ONTAÑÓN, E. ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ; M. CUETO; M. ELORZA; C. GARCÍA-MONCÓ; A. GÜTH; M. J. IRIARTE; L. C. TEIRA y D. ZURRO. 2011. Magdalenian floors in the Lower Gallery of La Garma: a preliminary report. En *Site-internal spatial organization of hunter-gatherer societies: case studies from the European Palaeolithic and Mesolithic. Session C58, Proceedings of 15th UISPP conference in Lisbon, September 2006*, editado por S. Gaudzinski-Windheuser, O. Jöris, M. Sensburg, M. Street y E. Turner, pp. 31-51. Verlag des Römisch-Germanischen Zentralmuseums, Mainz.

BARCIA, C. (2013). Una aproximación intra-site a los suelos de ocupación magdalenienses en la Galería Inferior (La Garma, Cantabria). Master Thesis, Universidad de cantabria: http://hdl.handle.net/10902/3906 .

BEAUNE, S. A. 1987a. Palaeolithic lamps and their specialization: a hypothesis. *Current Anthropology* 28 (4): 569-577.

BEAUNE, S. A. 1987b. *Lampes et godets au Paléolithique*. XXIIIème supplément à Gallia Préhistoire, Editions du CNRS, Paris.

BEAUNE, S. A. 2000. Les techniques d'éclairage paléolithiques: un bilan. *Paleo* 12: 19-27.

BEAUNE, S. A. y R. WHITE. 1993. Ice Age lamps. *Scientific American* 266 (3): 108-113.

DAWSON, P.; R. LEVY; D. GARDNER y M. WALLS. 2007. Simulating the behavior of light inside arctic dwellings: implications for assessing the role of vision in task performance. *World Archaeology* 39 (1): 17-35.

DEVLIN, K.; A. CHALMERS y D. BROWN. 2002. Predictive lighting and perception in archaeological representations. *UNESCO, World Heritage in the Digital Age: 30th Anniversary Digital Congress (October, 2002)*.

FORTE, M. 2011. Cyber-Archaeology: notes on the simulation of the past. *Virtual Archaeology Review* 2 (4): 7-18.

GUTIÉRREZ, D.; V. SUNDSTEDT; F. GÓMEZ y A. CHALMERS. 2008. Modelling light scattering for virtual heritage. *Journal on Computing and Cultural Heritage* 1 (2): 15 pp.

HAPPA, J.; M. MUDGE; K. DEBATTISTA; A. ARTUSI; A. GONÇALVES y A. CHALMERS. 2010. Illuminating the past: state of the art. *Virtual Reality* 14 (3): 155-182.

LEVY, R. y P. DAWSON. 2006. Reconstructing a thule whalebone house using 3D imaging. *IEEE Multimedia* 13 (2): 78-83.

LI, X.; D. RUAN y A. J. VAN DER WAL. 1998. Discussion on soft computing at FLINS'96. *International Journal of Intelligent Systems* 13 (2-3): 287- 300.

MASUDA, T.; Y. YAMADA; N. KUCHITSU y K. IKEUCHI. 2006. Sunlight illumination simulation for archaeological investigation: case study of the Fugoppe Cave. En (ed.) *Proceedings of the Tenth International Conference on Virtual Systems and Multimedia: Hybrid Realities & Digital Partners. Explorations in Art, Heritage, Science & the Human Factor (17-19 November 2004, Softopia Japan, Ogaki City, Japan)*, editado por H. Thwaites, pp. 850-859. IOS Press, Amsterdam.

MAXIMIANO, A. M.; ARIAS, P. and ONTAÑÓN, R. (2013) A specific approach for a peculiar site: new spatial technologies for recording and analyzing a Palaeolithic site (La Garma). *E-Papers of Procedings of 40th Annual Conference of Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA), Southampton, 26-29 March 2012*.

MEDINA, M. A.; A. CRISTO; A. ROMERO y J. L. SANCHIDRIÁN. 2012. Otro punto de luz. Iluminación estática en los "santuarios" paleolíticos. El ejemplo de la Cueva de Nerja (Málaga, España). En *L'art pléistocène dans le monde / Pleistocene art of the world / Arte pleistoceno en el mundo. Actes du Congrès IFRAO, Tarascon-sur-Ariège, septembre 2010. Symposium «Art mobilier pléistocène»*, dirigido por J. Clottes, pp. 105-121. Numéro spécial de Préhistoire, art et sociétés, Bulletin de la Société Préhistorique Ariège-Pyrénées LXV-LXVI.

ONTAÑÓN, R. 2003. Sols et structures d'habitat du Paléolithique Supérieur, nouvelles données depuis les Cantabres: la Galerie Inférieure de La Garma (Cantabrie, Espagne). *L'Anthropologie* 107: 333-363.

PAPADOPOULOS, K. 2010. Illuminating the Burials in the Aegean Bronze Age: Natural & Artificial Light in a Mortuary Context. En *UK Chapter of Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology: Proceedings of the CAA UK Chapter Meeting (University of Liverpool, 6th and 7th February 2009)*, editado por A. T. Wilson, pp. 67-74. BAR International Series 2182. Archaeopress, Oxford.

PASTOORS, A. y G.-C. WENIGER. 2011. Cave art in context: methods for the analysis of the spatial organization of cave sites. *Journal of Archaeological Research* 19 (4): 377-400.

PETTIT, P.; MAXIMIANO, A.; ARIAS, P.; ONTAÑÓN PEREDO, R.; HARRISON, R. 2014 New views on old hands: the context of stencils in EL Castillo and La Garma caves (Cantabria, Spain) *Antiquity* 88:47-63.

ROBSON BROWN, K. A.; A. CHALMERS; T. SAIGOL; C. GREEN y F. D'ERRICO. 2001. An automated laser scan survey of the Upper Palaeolithic rock shelter of Cap Blanc. *Journal of Archaeological Science* 28: 283-289.

SÁNCHEZ, D. 2013. Los sistemas de iluminación en el Paleolítico parte 3: las lámparas portátiles en la Península Ibérica. http://prehistorialdia.blogspot.com.es/2013/01/los-sistemas-de-iluminacion-en-el_30.html#.U0qDVaIUpQR (Acceso: 14 de abril de 2014).

ZADEH, L. A. 1994. Soft Computing and Fuzzy Logic. *IEEE Software* 11 (6): 48-56.

FIGURA 1: IDEALIZANDO EL PROCESO DE CREACIÓN. EN AMBOS CASOS EXISTE UN AGENTE QUE CONTROLA LA LUZ EN DIFERENTES EMPLAZAMIENTOS PRÓXIMOS AL ARTISTA QUE CREA LA FIGURA.

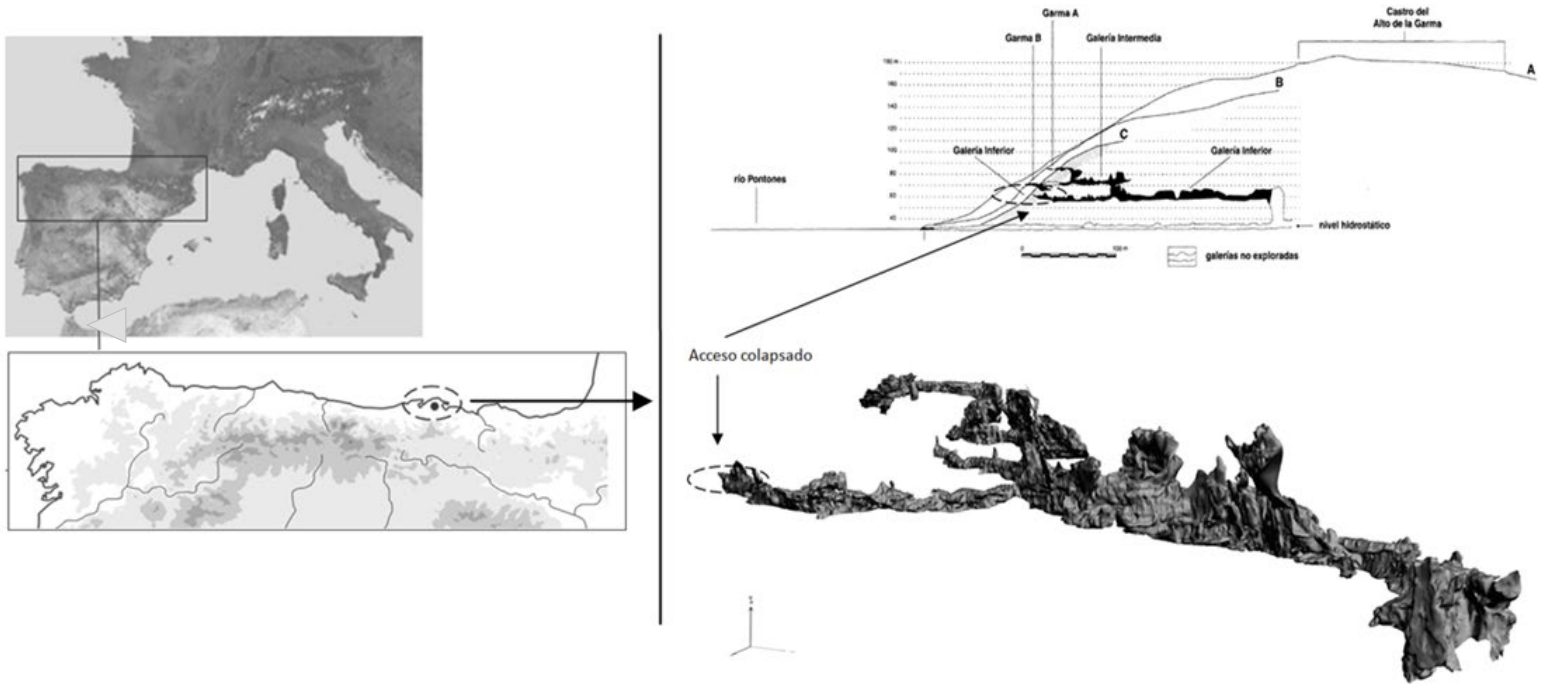


FIGURA 2: A LA DERECHA, LOCALIZACIÓN DEL YACIMIENTO. A LA IZQUIERDA, ESQUEMA DEL COMPLEJO KÁRSTICO DONDE SE ENCUENTRA LA GALERÍA INFERIOR DE LA GARMA. ARRIBA, SECCIÓN; ABAJO, RESTITUCIÓN VOLUMÉTRICA EN 3D.

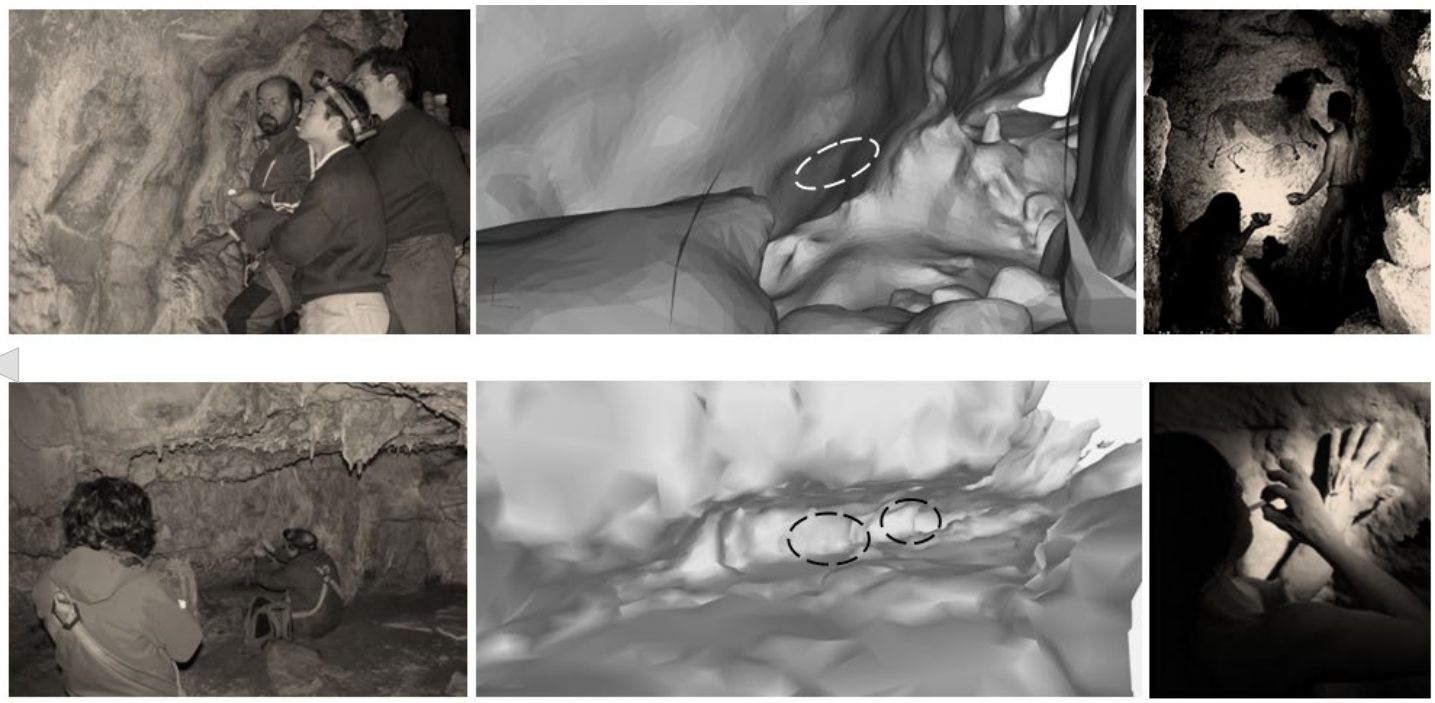


Figura 3: las dos zonas de estudio. En la fila superior, arriba a la izquierda, investigadores (P. A., R. O. y el Dr. P. Pettit) observando las evidencias artísticas. Al centro, el modelo 3D (escaneado 3D) de las zonas en donde se localiza el arte (en círculos negro y blanco discontinuos) y a la derecha, idealización de posibles formas de ejecutar el gesto artístico. La fila superior se corresponde con el primer caso y la parte inferior, con el segundo caso.

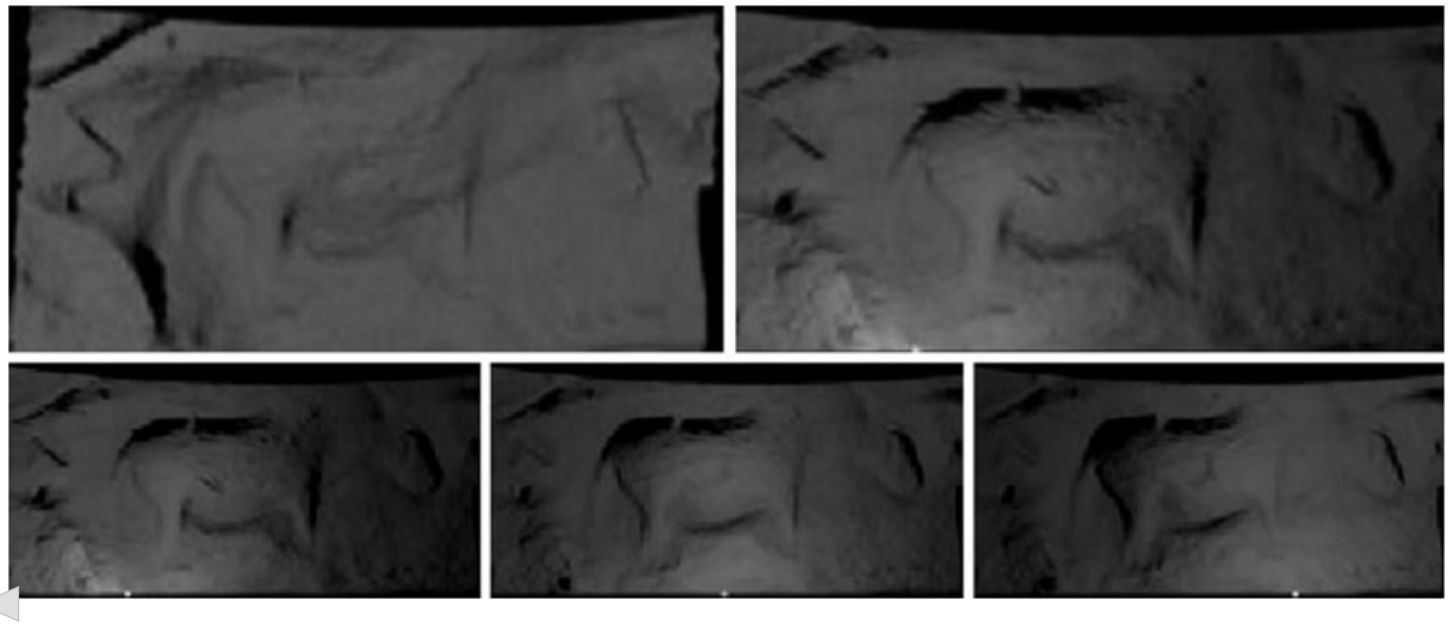


Figura 4: apreciación de cambios en un mismo bajorrelieve (caballo) tratado con diferentes tipos de iluminación (extraído de Devlin *et al.* 2002).

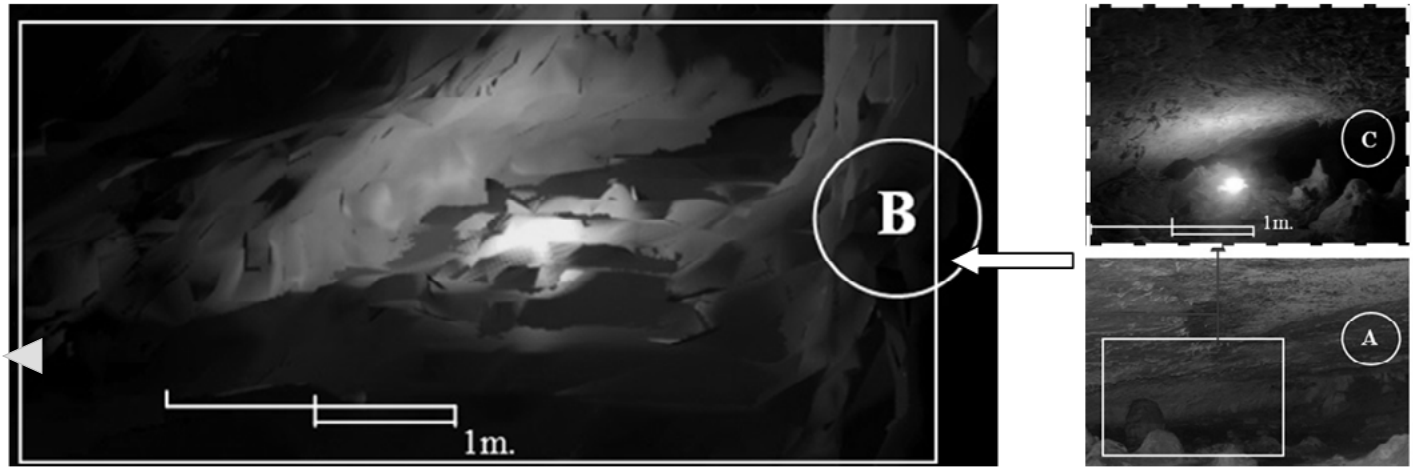


Figura 5: un ejemplo que sintetiza lo que es una *escena* y su relación con caso real. En A) y C), la zona de trabajo donde se realizó un experimento *in situ* con una dispositivo lumínico (intensidad luz = 1 cd) en la *Cueva de las Vacas* (Burgos, España); B), experimento de luz en esa misma zona mediante escena virtual (intensidad simulada = 1cd).

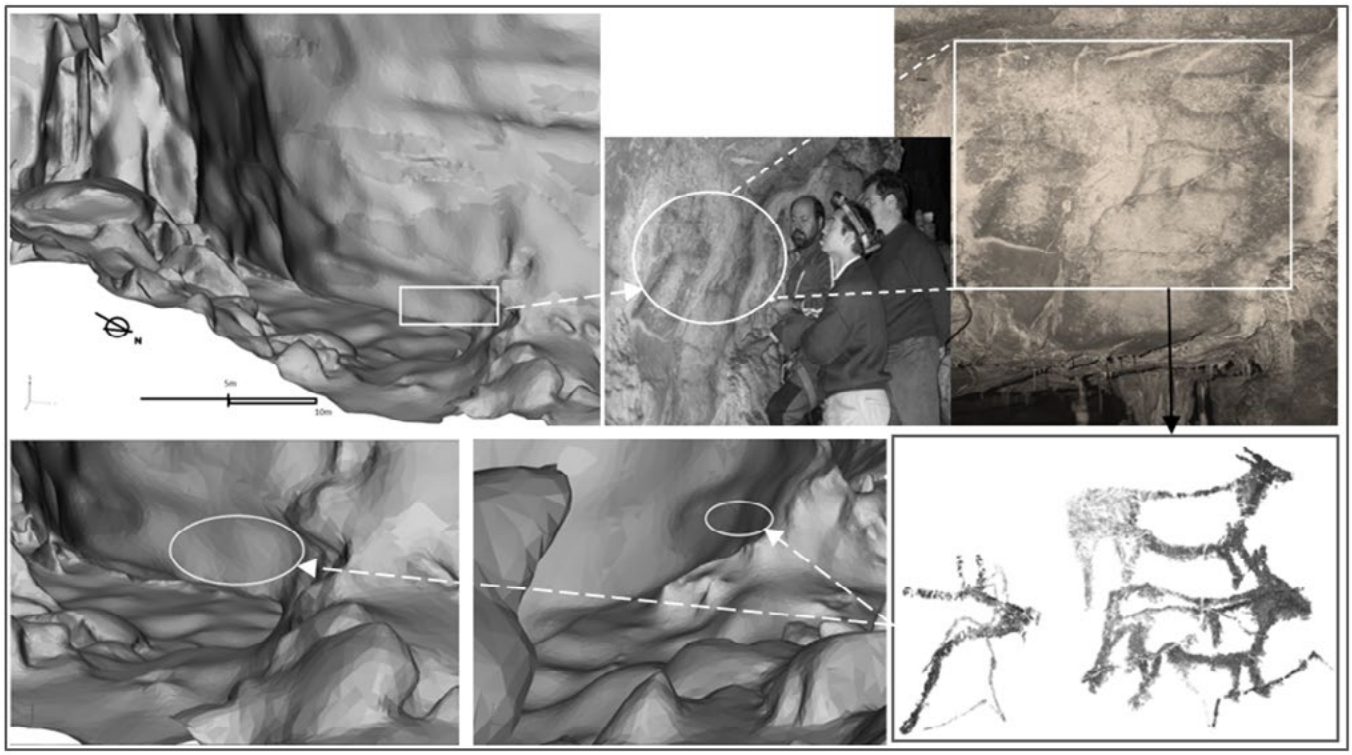


Figura 6: vistas en 3D de la zona de estudio. Arriba izquierda, imagen 3D general de la zona donde se encuentra el panel (zona enmarcada). A la derecha, investigadores (P. A., R. O. y el Dr. Pettit) observando el panel (nos da una aproximación tanto a la escala como a la accesibilidad del panel) y detalle de las figuras representadas. Abajo, derecha, detalle de las figuras, a la izquierda diferentes vistas 3D de la zona del panel, el cual está enmarcado en una elipse.

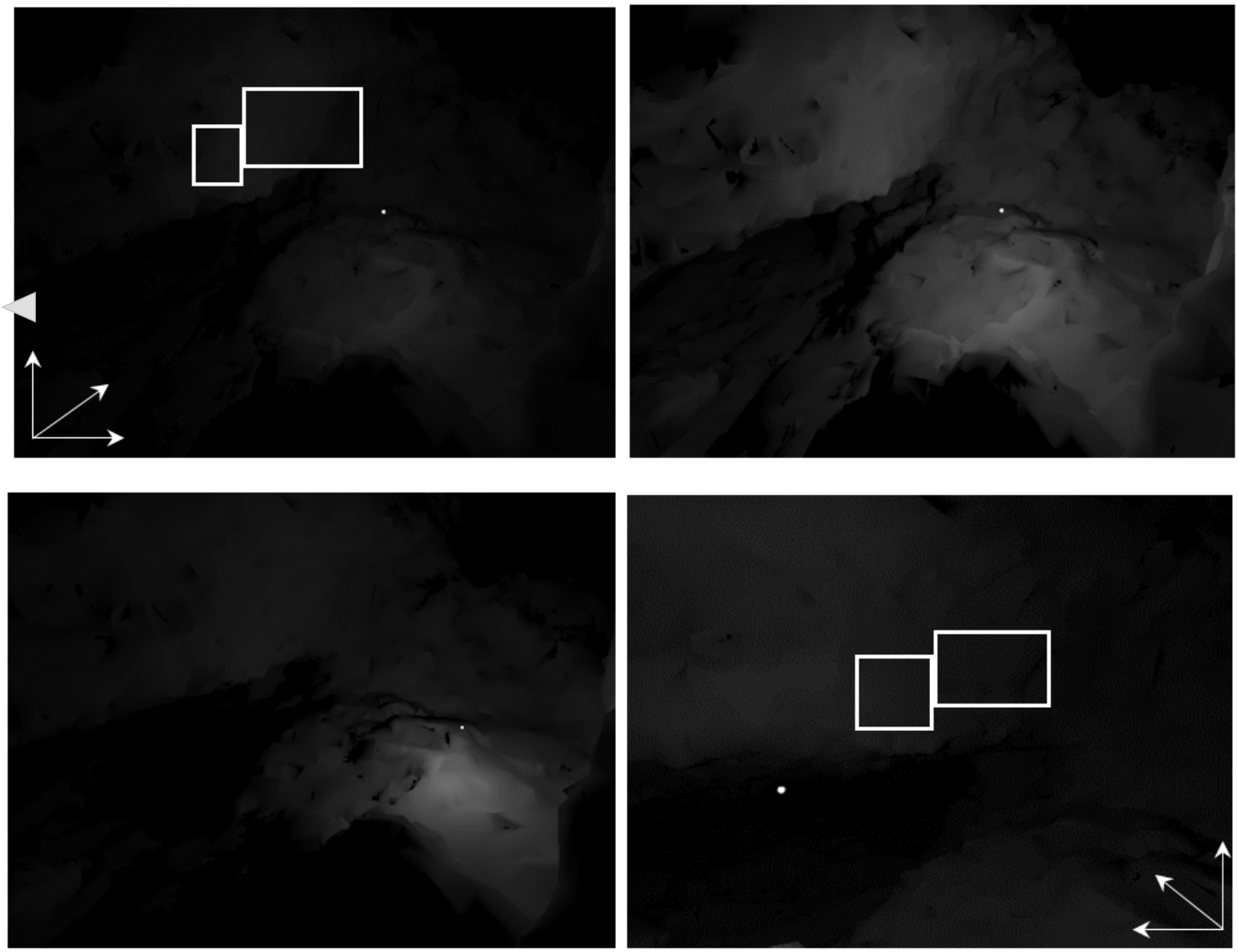


FIGURA 7: ARRIBA IZQUIERDA, 1 CD; DERECHA, 5 CD. ABAJO, 2CD EN DIFERENTES LOCALIZACIONES (EL ARTE SE EMPLAZA DENTRO DE LOS RECUADROS).

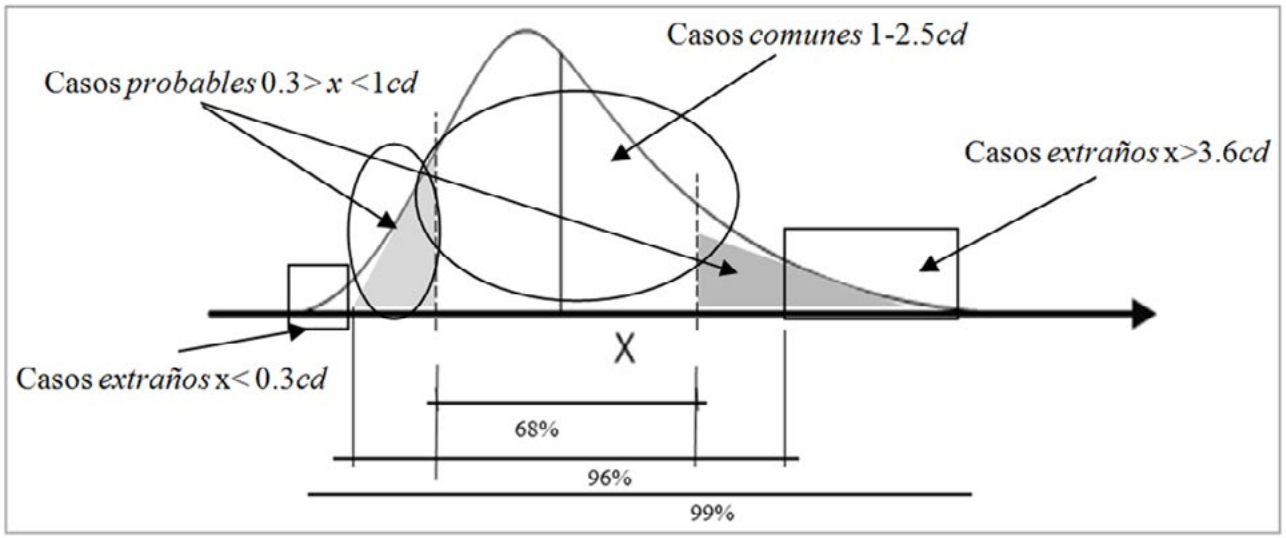


FIGURA 8: MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE LUCES PREHISTÓRICAS SEGÚN GRADO DE ILUMINACIÓN.

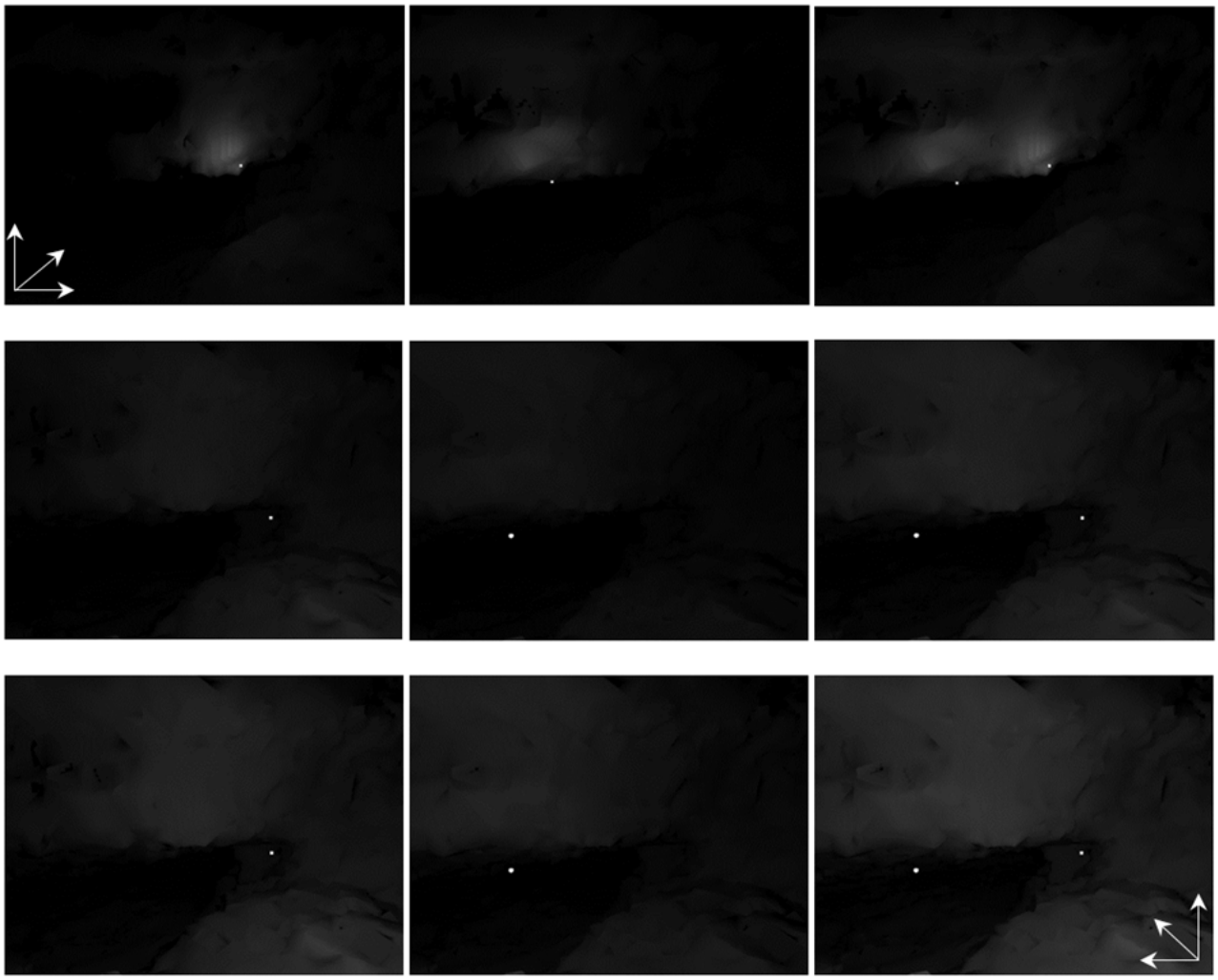


FIGURA 9: VISUALIZANDO LAS ESCENAS EN UNA SECUENCIA VERTICAL (DE ARRIBA A ABAJO: INTENSIDAD DE LUZ 0,3 CD, 1 CD Y 2 CD). LA COLUMNA CENTRAL COLOCA EL EMISOR DE LUZ EN OTRA LOCALIZACIÓN. COLUMNA DE LA IZQUIERDA, CON DOS LUCES.

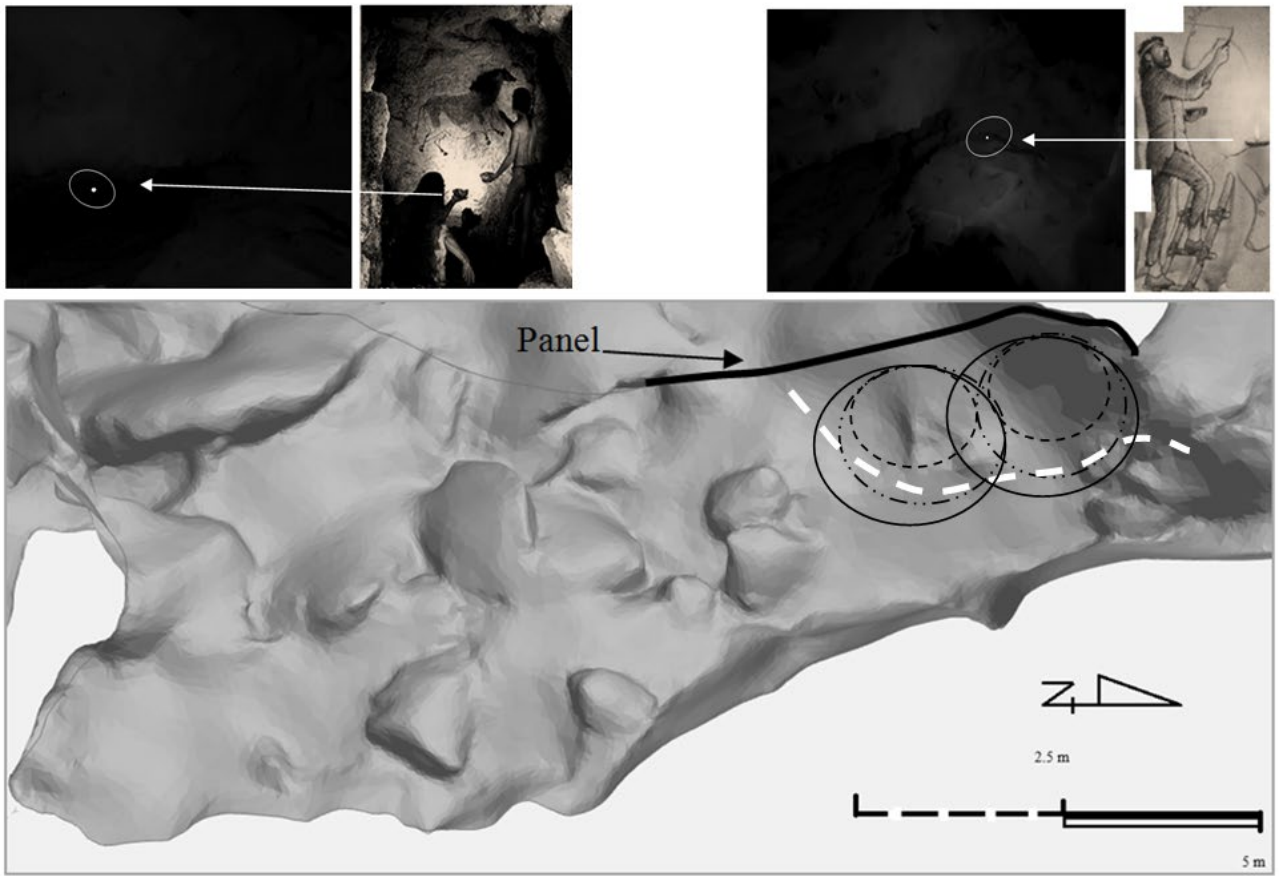


FIGURA 10: ARRIBA, RECREACIÓN DE LOS DOS SUPUESTOS; A LA DERECHA, EL DE DOS PERSONAS (1 CD); A LA IZQUIERDA UNA SOLA PERSONA (2 CD). ABAJO, PLANTA DE LA ZONA DONDE ESTÁ EL PANEL (LÍNEA GRUESA EN NEGRO), ENMARCANDO (LÍNEA BLANCA DISCONTINUA) EL ÁREA TOTAL NECESARIA PARA CREAR EL ARTE EN BASE AL EMPLAZAMIENTO DEL PANEL Y DE LA FUENTE DE LUZ, CADA CIRCUNFERENCIA ABARCARÍA LA SUPERFICIE ILUMINADA EN RELACIÓN A CADA PUNTO DE ILUMINACIÓN EN 0,3 , 1 Y 2 CD RESPECTIVAMENTE.

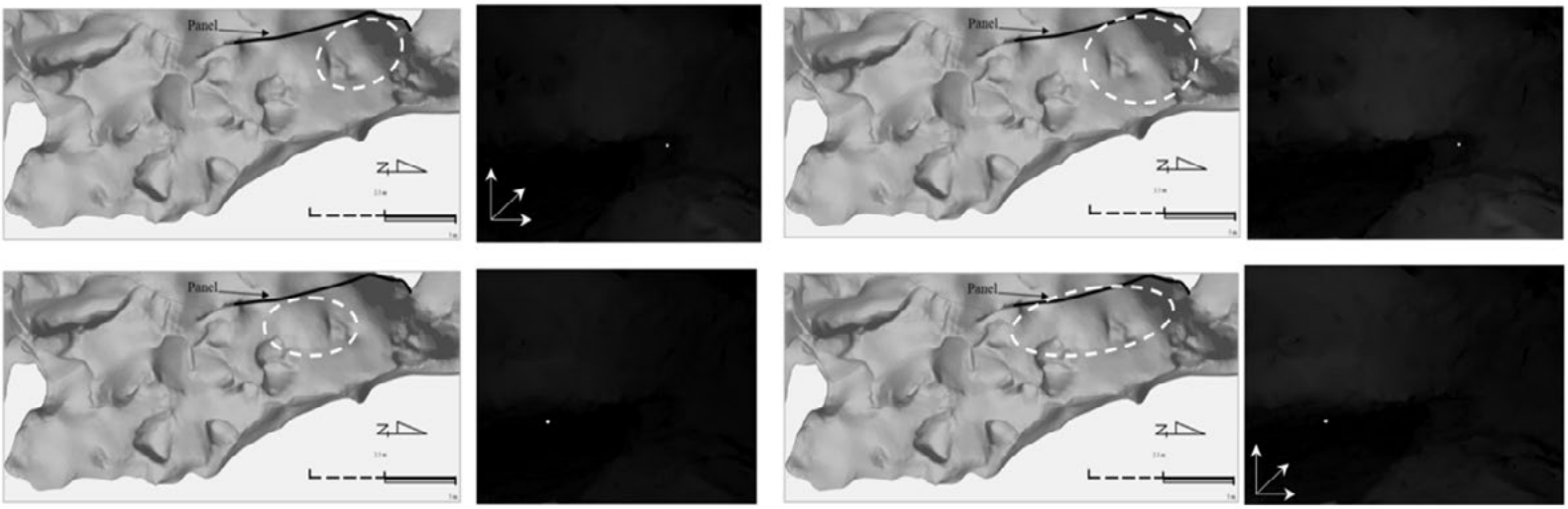


FIGURA 11: DERECHA ARRIBA Y ABAJO, UN PUNTO DE LUZ A 1 CD EN DISTINTOS EMPLAZAMIENTOS DA UNA SUPERFICIE EN TORNO A 3,4 M^2. IZQUIERDA ARRIBA Y ABAJO, UN PUNTO DE LUZ A 2 CD PROPORCIONA UNA SUPERFICIE DE UNOS 6,8 M^2.

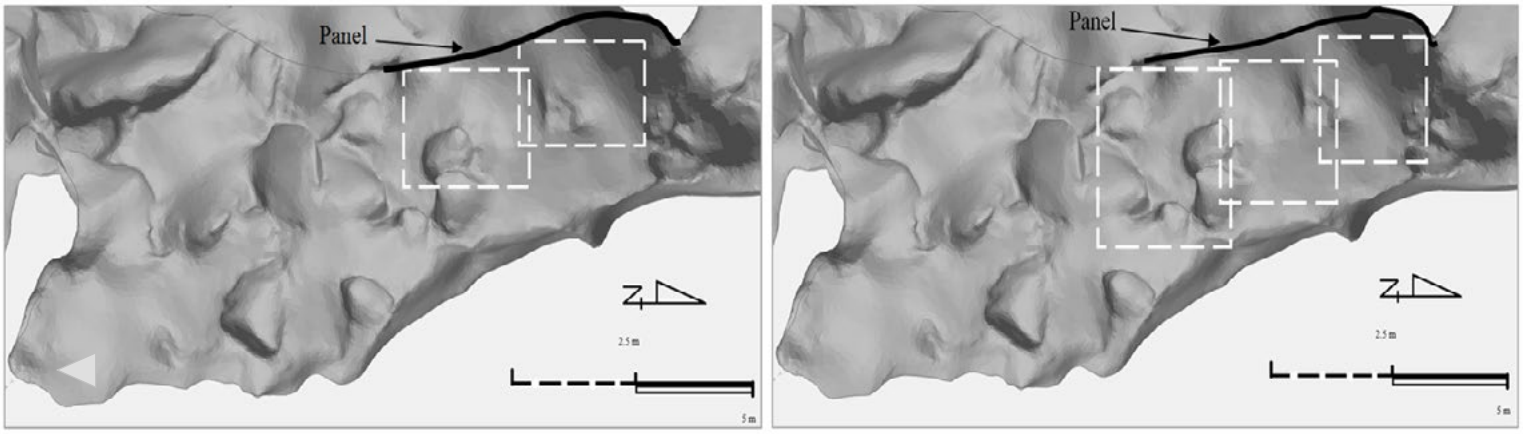


FIGURA 12: DERECHA, CON 1 CD SE ESTIMA UNA SUPERFICIE DE 12 M^2. IZQUIERDA, CON 2 CD SE ESTIMA UNA SUPERFICIE DE 21 M^2.

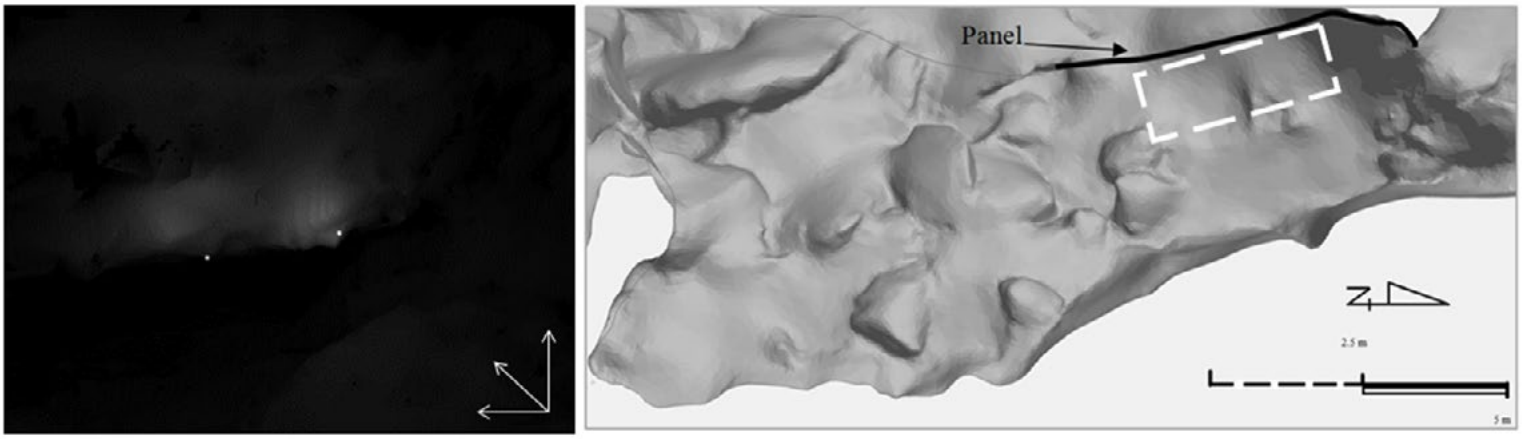


FIGURA 13: SIMULACIÓN DE 2 LUCES A 0,3 CD, OCUPA UNA SUPERFICIE DE 3 M^2.

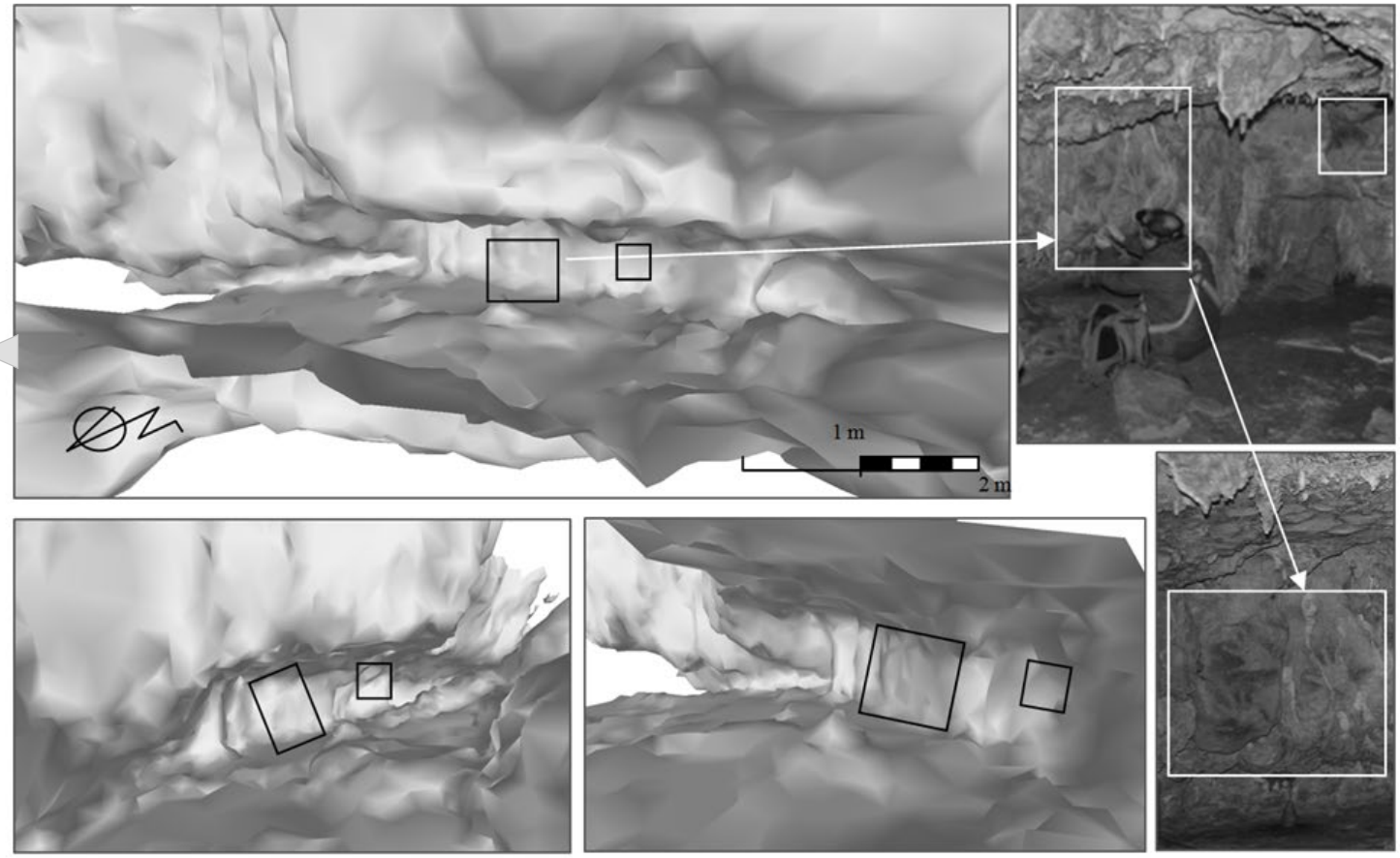


Figura 14: arriba derecha, una imagen 3D general de la zona donde se encuentra el panel (zona enmarcada), a la izquierda detalle de la zona junto a un investigador (Dr. Pettit) trabajando en ella (nos ofrece una aproximación tanto de la escala como de la accesibilidad del panel). Parte inferior izquierda, detalle de las manos pintadas y a la derecha dos tomas 3D diferentes del lugar donde se encuentra dicho arte.

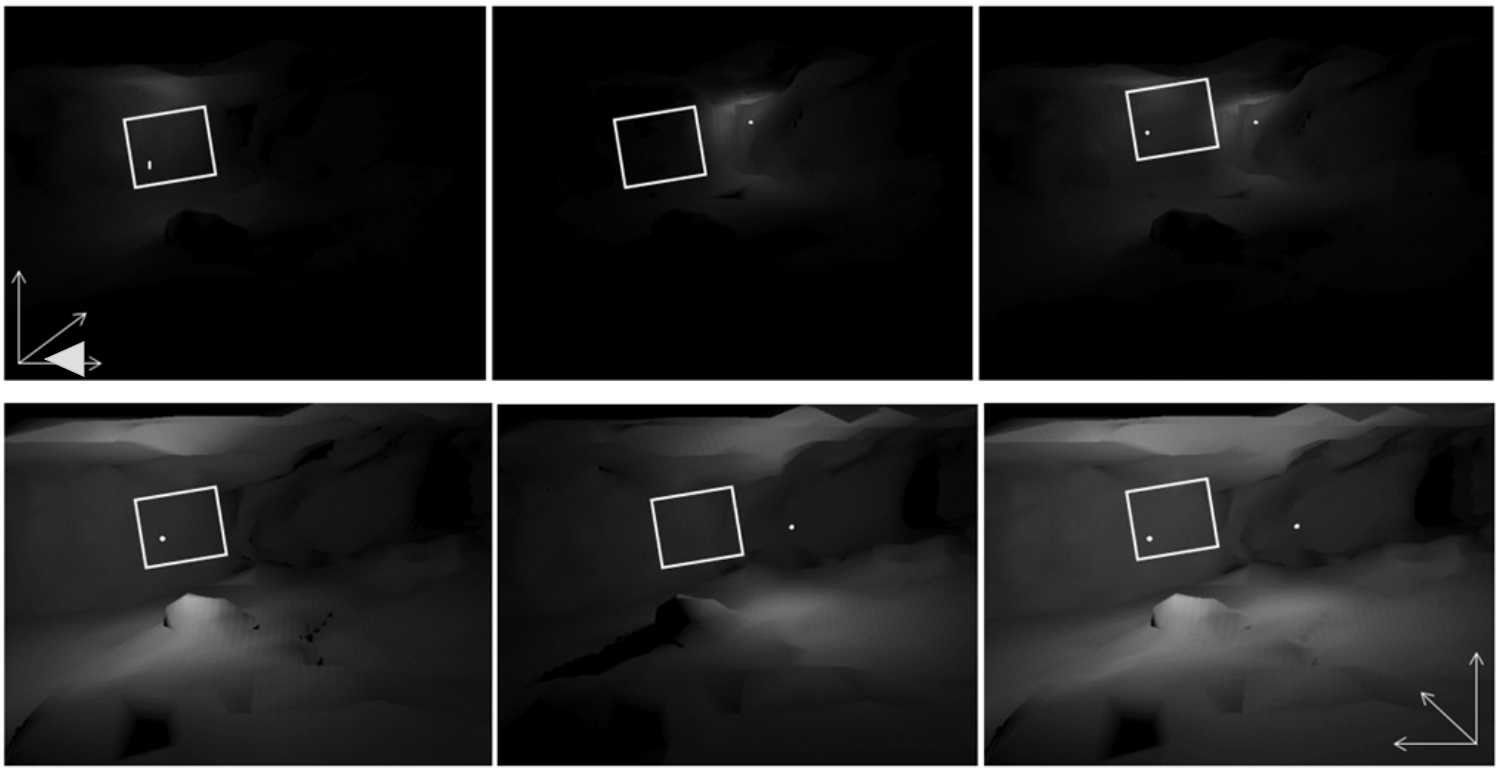


FIGURA 15: COMPOSICIÓN DE CASOS EXTREMOS ENMARCANDO EN BLANCO LA ZONA DONDE SE ENCUENTRAN LAS MANOS PINTADAS.

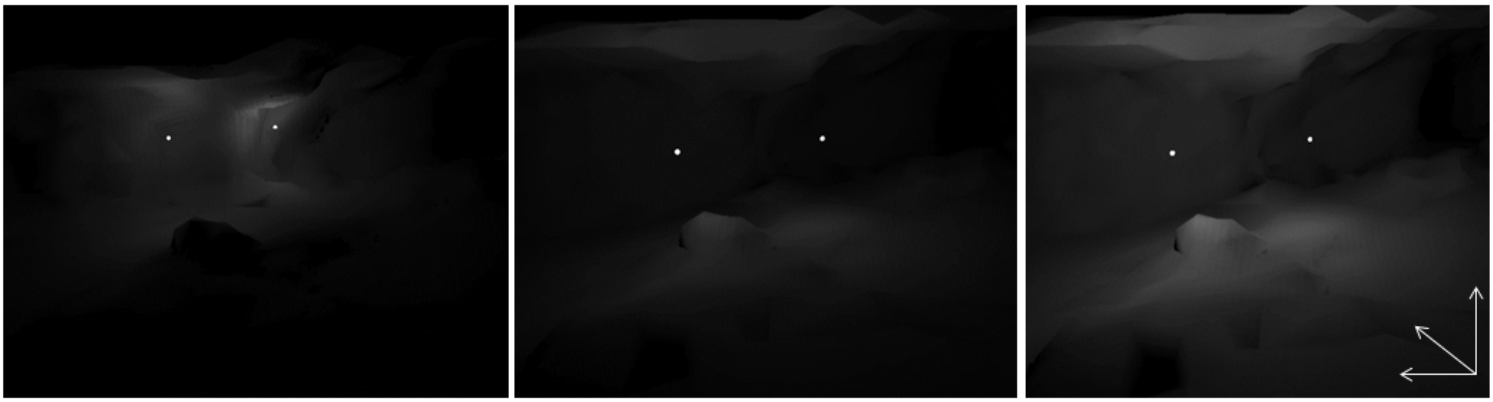


FIGURA 16: ESCENAS SIMULADAS CON DOS LUCES, DERECHA 0,3 CD EN UNA DISTANCIA < 0,5 M DE LA PARED DÓNDE ESTÁN LAS MANOS; EN EL CENTRO, MISMOS PARÁMETROS DE LUZ PERO A UNA DISTANCIA APROX. DE 1,2 M DE LA PARED DONDE SE EMPLAZAN LAS PINTURAS. A LA IZQUIERDA, 1 CD Y A UNA DISTANCIA APROX. DE 1,2 M.

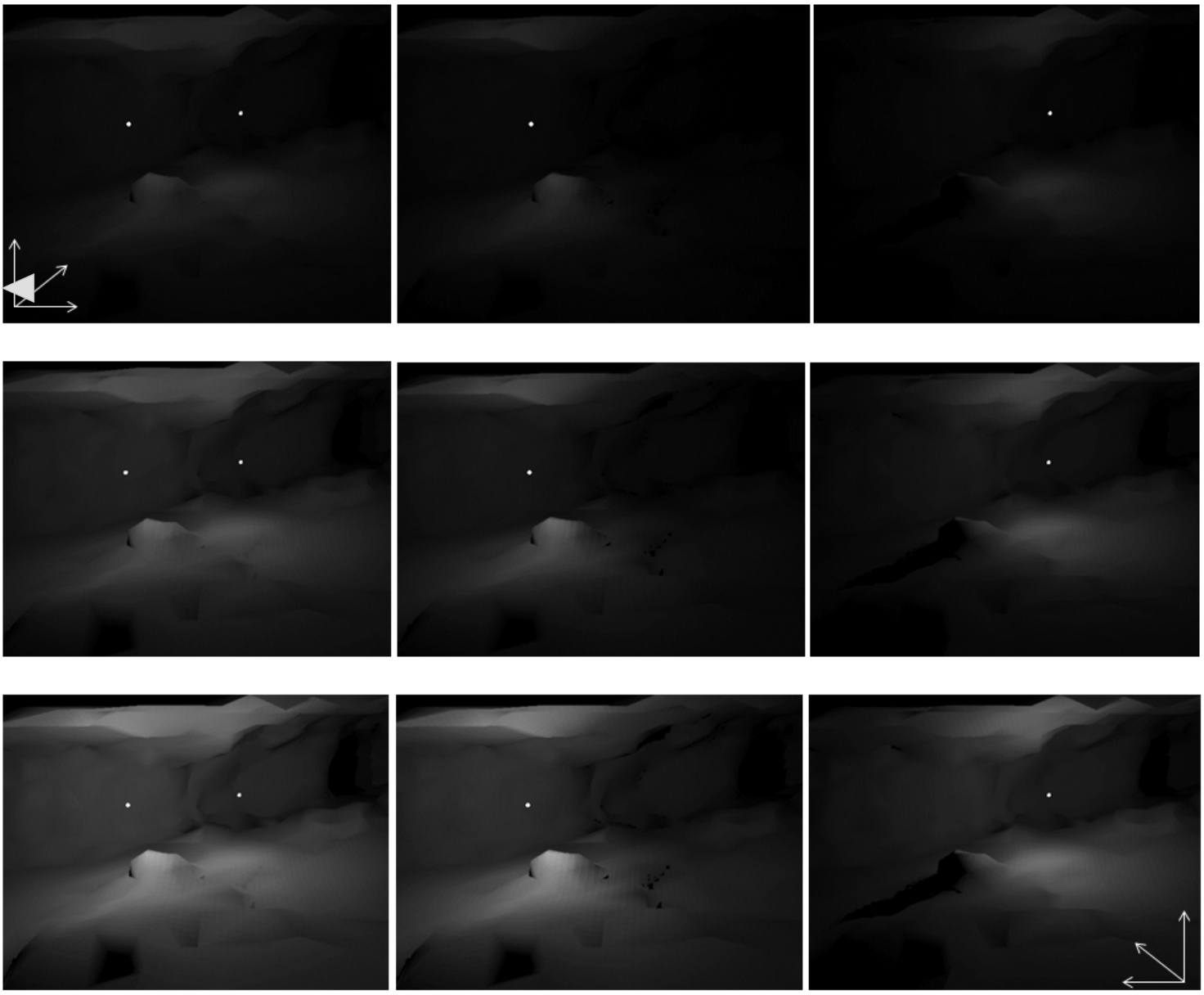


FIGURA 17: COLUMNA DE LA DERECHA SIMULA DOS LUCES (ARRIBA, 0,3 CD; MEDIO, 1 CD; ABAJO, 2 CD); COLUMNA CENTRAL UN ÚNICO PUNTO DE LUZ (MISMOS VALORES QUE LA ANTERIOR); COLUMNA IZQUIERDA, MISMO VALORES PERO CON UNA LOCALIZACIÓN DIFERENTE DE LA LÁMPARA. TODAS LAS SIMULACIONES ESTÁN REALIZADAS A 1,2 M DE DISTANCIA DE LA PARED DONDE ESTÁN LAS PINTURAS.

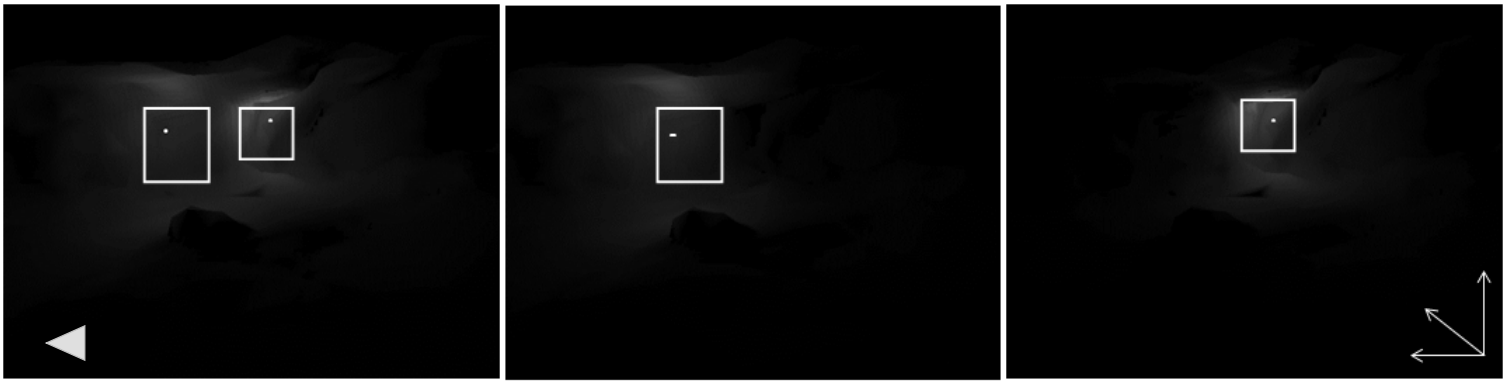


FIGURA 18: SIMULACIONES A 0,3 CD CON EL PUNTO DE LUZ MUY PRÓXIMO A LAS PINTURAS < 0,5 M (ZONA DE PINTURA ENMARCADA EN BLANCO).

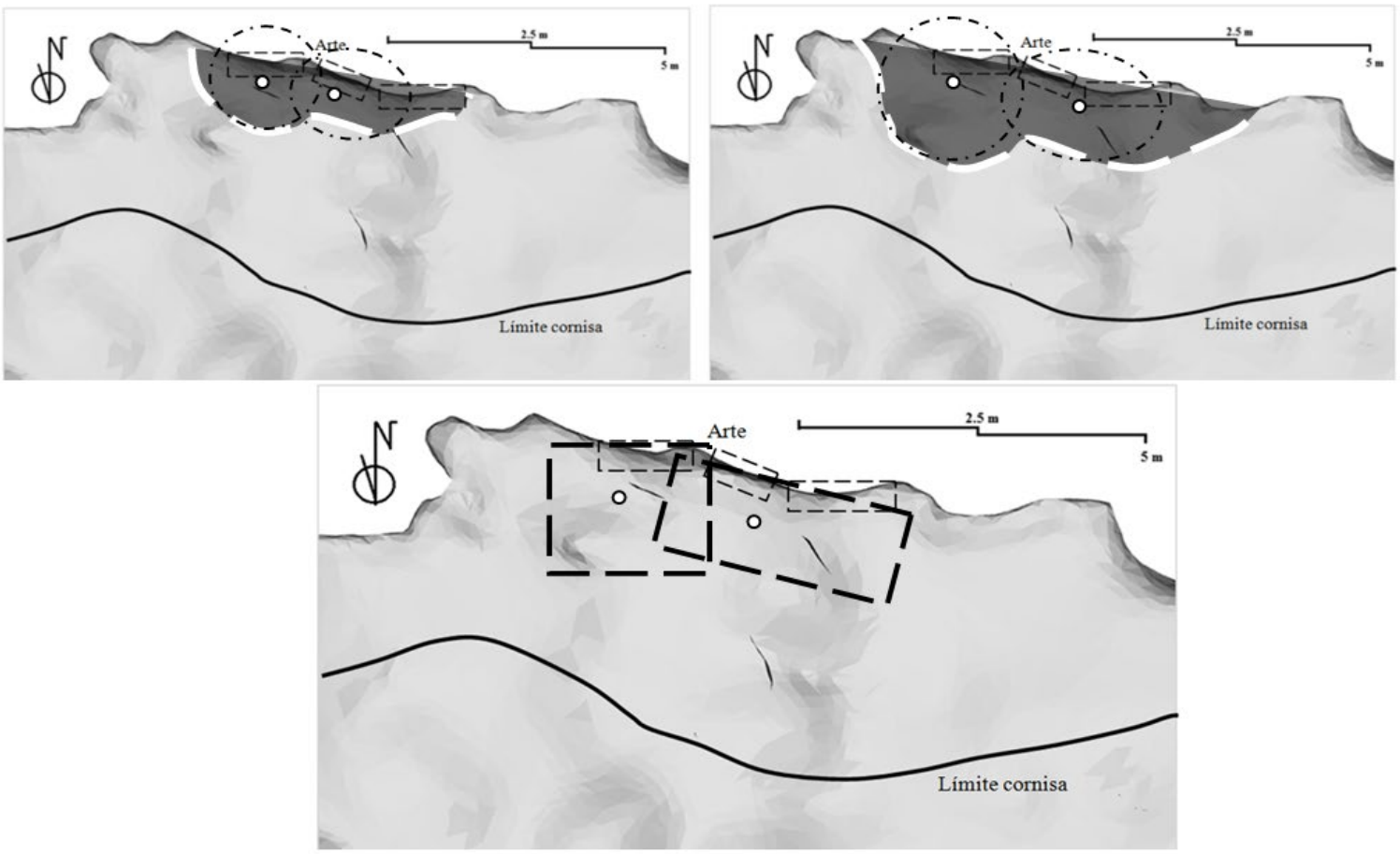


FIGURA 19: ARRIBA, ESTIMACIÓN DE SUPERFICIE (EN TONO MÁS OSCURO) CON 0,3 CD (DERECHA) Y 1CD (IZQUIERDA) COMBINANDO EL DIÁMETRO (EN LÍNEA DISCONTINUA) DE LA LUZ PARA ESQUEMATIZAR CÓMO INCIDE ANTE LAS RUGOSIDADES DE LA PARED Y LA REFLECTANCIA DE LA LUZ CONTRA EL TECHO. ABAJO, SUPERFICIE ESTIMADA (APROX. 10 M^2) PARA VISUALIZAR EL ARTE CON 1CD Y A MÁS DE 1M DE LA PARED.

MAGNITUD	RADIOMÉTR.	FOTOMÉTRICA	CONCEPTO
Flujo radiante / Flujo luminoso	Vatio (W)	Lumen (lm)	Φ: Cantidad de energía/de luz/ emitida por segundo
Irradiancia / Iluminancia	W/m^2	lm/m^2 = lux (lx)	E: Cantidad de radiación/de luz/ que llega a una superficie
Intensidad radiante / Intensidad luminosa	W/sr	lm/sr = candela (cd)	I: Intensidad en una dirección dada (vector)

TABLA 1

EL CASTRO DE SAN CHUIS (ALLANDE, ASTURIAS, ESPAÑA): ENSAYO METODOLÓGICO PARA LA INTEGRACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN PROCEDENTE DE ANTIGUAS EXCAVACIONES ARQUEOLÓGICAS

SAN CHUIS HILLFORT (ALLANDE, ASTURIAS, SPAIN): METHODOLOGICAL ESSAY FOR THE INTEGRATION AND DIGITALIZATION OF THE INFORMATION PROCEEDING FROM ANCIENT ARCHAEOLOGICAL EXCAVATIONS

Jesús F. Jordá Pardo[1]

Juana Molina Salido[2]

Resumen

El castro de San Chuis (Allande, Asturias, España) se excavó sistemáticamente por primera vez el año 1962 bajo la dirección del profesor Francisco Jordá Cerdá, siendo esta la primera de una serie de campañas que finalizaron en el año 1986.

Dentro del marco de la futura tesis doctoral de uno de los firmantes (JMS), hemos acometido un proceso general de digitalización y sistematización de toda la documentación e información arqueológica que manejábamos con el objetivo de construir la IDE (Infraestructura de Datos Espaciales) del castro. Para ello hemos desarrollado una Base de Datos General complementada con una completa planimetría descriptiva. Una de las cuestiones más interesantes en todo este proceso ha sido la reintegración del registro arqueológico en su contexto espacial original, dotándolo de coordenadas reales dentro de un sistema de información georreferenciado, que nos ha permitido realizar análisis tanto macro como micro espaciales.

Hemos transformado una información presentada en un formato obsoleto y pesado en otra ágil, susceptible de ser tratada y analizada de acuerdo a parámetros más actuales, aportando además otra nueva de la que carecíamos.

Este procedimiento es extrapolable a otros yacimientos antiguos y su aplicación facilitaría la conservación de la información, su investigación y su divulgación.

Palabras clave: Digitalización, IDE, Base de Datos, SIG, Reintegración, Virtualización

Abstract

San Chuis hillfort (Allande, Asturias, Spain) was systematically dug for the first time in 1962 under the direction of Professor Francisco Jordá Cerdá, being this the first one of a series of archaeological seasons that finished in 1986.

Inside the framework of the doctoral thesis of one of the signatories (JMS), we have undertaken a general process of digitalization and systematization of the whole information and archaeological documentation we had with the aim of constructing the SDI (Spatial Data Infrastructure) of the hillfort. To do it, we have developed a General Database complemented whit a complete descriptive planimetry. One of the most interesting questions of the process has been the reinstatement of the archaeological record in his original spatial context, providing it whit real coordinates in a GIS, that has allowed us to realise macro as well as micro spatial analysis.

[1] Profesor Doctor del Área de Prehistoria del Departamento de Prehistoria y Arqueología de la UNED. Ciudad Universitaria. Paseo Senda del Rey, 7. E - 28040 Madrid.
Correo electrónico: **jjorda@geo.uned.es**

[2] Doctorando del Departamento de Prehistoria y Arqueología de la UNED. Tesis: Del registro arqueológico a la reconstrucción virtual. Análisis urbanístico y microespacial de un poblado fortificado de la Edad del Hierro (Castro de San Chuis, Allande, Asturias) mediante el uso de las nuevas tecnologías de la información aplicadas a la Arqueología.
Correo electrónico: juanamsalido@gmail.com

We have transformed information presented in an obsolete and uncomfortable format, in another one agile, capable of being treated and analysed with present parameters, contributing, in addition, with new information that we were lacking.

This procedure is translatable to other ancient sites and its application would facilitate the conservation of the information, its investigation and its spreading.

Keywords: Digitalization, SDI, Database, GIS, Reinstatement, Virtualization

EL CASTRO DE SAN CHUIS

El castro de San Chuis[3] (San Martín de Beduledo, Concejo de Allande) se encuentra situado en el occidente de Asturias (norte de España), a 35 km en línea recta de la costa cantábrica y a una cota comprendida entre 740 y 780 m sobre el nivel del mar, en el extremo de una pequeña sierra limitada por dos pequeños ríos, que forma parte de las sierras más occidentales de la Cordillera Cantábrica (Fig. 1). Ocupa una extensión aproximada de 15 ha, con una forma subtriangular, presentando el eje mayor una dirección NS (UTM: X = 695.300, Y = 4.789.600) (Fig. 1).

Descubierto en 1952/1955, las excavaciones arqueológicas sistemáticas llevadas a cabo en el castro se iniciaron en 1962 y 1963 bajo la dirección del profesor Francisco Jordá Cerdá y tras una larga interrupción se reanudaron en 1979, siendo la última campaña la realizada en 1986. Los resultados de estas excavaciones se dieron a conocer en una pequeña síntesis (Jordá Cerdá *et alii*, 1989) y de manera parcial en una serie de publicaciones que abordaban diferentes aspectos del conocimiento que sobre el castro se tenía en esos momentos (medio geológico y estratigrafía, radiocarbono y cronología, cerámica, metales) (Cuesta *et al*., 1996; Jordá Cerdá, 1984, 1985, 1987, 1990; Jordá Pardo, 1990, 2001; Jordá Pardo *et al*., 2002; Maya, 1987/1988; Manzano Hernández, 1985, 1986/1987). Posteriormente, entre 1997 y 2001, Jesús F. Jordá Pardo y Mercedes García Martínez desarrollaron el proyecto "Investigaciones Arqueológicas en el Castro de San Chuis (Allande, Asturias): Últimos Trabajos y Memoria Final" con el objetivo de elaborar la memoria final de las excavaciones llevadas a cabo por el profesor Jordá Cerdá (García Martínez y Jordá Pardo, 1997; García Martínez *et al*., 2000; Flor *et al*., 2003; Jordá Pardo y García Martínez, 1999, 2007). En el marco de este proyectó se realizaron, entre otras acciones, la planimetría digital del castro y la delineación digital de las estructuras exhumadas. Unos años más tarde, Carlos Marín Suárez realizó su tesis doctoral sobre el poblamiento del primer milenio antes de la era en el sector centro-occidental de Asturias (Marín Suárez, 2011), para lo cual revisó los materiales del castro de San Chuis depositados en el Museo Arqueológico de Asturias, así como los diarios de las excavaciones del profesor Jordá Cerdá y el material gráfico generado en proyecto anteriormente citado (Marín Suárez, 2007; Marín Suárez y Jordá Pardo, 2007). En la actualidad, Juana Molina Salido se encuentra realizando su tesis doctoral sobre la recuperación del registro del castro de San Chuis a partir de toda la información acumulada a lo largo de estos años.

Debido a su situación en lo alto de un pico que remata una pequeña sierra, el castro presenta unas defensas naturales óptimas (Fig. 1). Pese a ello, está dotado con un complejo sistema defensivo que protege la zona habitada: las laderas N, E y W muestran una fuerte pendiente, que unida al conjunto de tres fosos hacen inaccesibles dichos sectores, en el sector E existe un primer foso delimitando un antecastro, mientras que el flanco S, de mayor accesibilidad por ser la zona de unión del pico con la sierra, está protegido por un sistema de cinco fosos sucesivos asociados a parapetos, rematado por un bastión. Todo el perímetro del castro se encuentra rodeado por una muralla de módulos compuesta hacia el N por un muro de unos 2 m de anchura, mientras que en el ángulo NE se ensancha alcanzando unos 4 m de grosor, duplicándose en el lado E mediante un bastión delantero, que protege la zona de la puerta. Ésta se fundamenta en un basamento escalonado y se delimita por el lado opuesto por otro muro de grandes dimensiones, contando con un umbral a modo de encaje que podría sugerir una plancha levadiza.

En cuanto al urbanismo, según lo excavado hasta el momento, en el castro de San Chuis existen dos zonas bien diferenciadas en función principalmente de sus estructuras arquitectónicas (Fig. 8): son los llamados "barrio bajo" y "barrio alto". El "barrio bajo", situado en el ángulo NE está caracterizado por el predominio de las estructuras circulares, con muros de aparejo irregular de pizarra trabada con barro. En el "barrio alto", situado en la cumbre, el predominio lo ejercen las estructuras rectangulares, construidas con sillarejo de pizarra y algunas de ellas con sillares de arenisca y porfiroide, que se disponen formando un complejo urbanístico con orientaciones de muros y calles en dirección NS y EW. En ambas zonas se da una clara superposición de los paramentos rectilíneos, traducidos en estructuras cuadradas o rectangulares, sobre los curvilíneos, lo cual es claramente demostrativo a la hora de diferenciar momentos cronológicos en la periodización del registro arqueológico del castro. Las únicas evidencias localizadas hasta el momento de sistemas de cubrición son agujeros de poste próximos a las esquinas interiores de una estructura rectangular así como un gran número de gruesas lajas de pizarra perforadas en un extremo localizadas en paralelo al exterior de los muros, que probablemente sirvieron de

[3] Hemos respetado la denominación tradicional de San Chuis debido a que es la que aparece en la mayoría de las publicaciones, si bien, según las normas ortográficas propuestas por la Academia de la Llingua Asturiana para el dialecto occidental del asturiano la denominación correcta sería San L.luis (leído San Chuis), versión occidental del antropónimo asturiano Lluis y del castellano Luis.

contrapeso en techumbres vegetales. En este sector destacan por su espectacularidad las dos habitaciones contiguas con fachada de sillares de arenisca y porfiroide perfectamente escuadrados y labrados, cuyas esquinas de la fachada principal presentan forma circular.

En el "barrio bajo" se han exhumado 15 estructuras circulares y una sola cuadrangular, superpuesta a dos de las anteriores. Además aparecen dos remodelaciones de estructuras circulares a las que se les han añadido muros rectilíneos, formando estructuras complejas con varias habitaciones. En el "barrio alto" de nuevo observamos 4 estructuras circulares, una de ellas arrasada al construir el conjunto de estructuras rectangulares y dos remodeladas con muros rectilíneos añadidos, destacando por su complejidad una macroestructura varias veces remodelada constituida por un mínimo de 8 subestructuras menores rectangulares, que pueden formar una casa alrededor de un patio. Como forma arquitectónica sobresaliente podemos mencionar la situada en la parte S del "barrio bajo", a media pendiente, constituida por una habitación circular, a la que se le ha añadido por delante de su puerta un anexo rectangular dividido en dos habitaciones. El suelo de la habitación redonda se encuentra totalmente enlosado por grandes lajas de pizarra, situándose en el centro un banco alrededor de un hogar de tégula y pizarra limitado por bloques alargados de esta roca. Además aparece una especie de repisa de sillarejo de pizarra adosado al muro y una piedra con cazoleta enterrada a ras del enlosado en el borde N de la citada habitación.

Respecto a la cronología, en este momento contamos con once fechas ^{14}C (Cuesta *et al*., 1996; Jordá Pardo *et al*., 2002; Marín Suárez *et al.*, 2008; Jordá Pardo *et al*., 2011; Villa Valdés y Menéndez Granda 2009) que confirman la existencia de una amplia secuencia que comprende desde la Primera Edad del Hierro hasta el final de la ocupación romana del castro. A partir del análisis de las fechas ^{14}C calibradas, de la superposición de estructuras, de la estratigrafía y de los materiales recuperados podemos diferenciar tres fases principales claramente identificables dentro de un lapso cronológico aproximadamente de un milenio (Marín Suárez *et al.*, 2008; Jordá Pardo *et al*., 2011):

- La ocupación más antigua del castro corresponde a un asentamiento situado en el "barrio alto" o "acrópolis" del castro, representado por los restos de una estructura vegetal levantada sobre la roca del sustrato que contenía semillas carbonizadas y cerámicas de la Cadena Tecnológico Operativa (CTO) de la Primera Edad del Hierro. A esta ocupación corresponde la fecha 14C más antigua del castro cuya calibración con la máxima probabilidad ofrece la horquilla 830 – 420 cal BC. Esta ocupación se puede correlacionar con la Fase Ib de los castros del Norte y Noroeste (825/800-400 cal BC) (González Ruibal, 2006-2007; Marín, 2008, 2011).
- La segunda fase de ocupación está caracteriza por el desarrollo de estructuras pétreas circulares en los dos barrios del castro y por la presencia de cerámicas de la CTO de la Segunda Edad del Hierro y de vestigios de actividades metalúrgicas. La suma de probabilidades de las fechas radiocarbónicas válidas de este contexto ofrecen un periodo de vigencia para esta ocupación comprendido entre 700 y 130 años cal BC con la máxima probabilidad, que presenta una buena correlación con la distribución de la suma de probabilidades de las fechas del castro de Llagú (Latores, Oviedo, Asturias) que se extienden entre 550 y 50 años cal BC, con el máximo de probabilidad (Rubinos y Alonso, 2002). Este periodo se corresponde con la Fase II (400-125/100 cal BC) y IIIa (125-30 cal BC) (González Ruibal, 2006-2007; Marín, 2008, 2011).
- La tercera fase de ocupación corresponde a la época romana y se caracteriza por el desarrollo de estructuras pétreas rectangulares con gran desarrollo en el "barrio alto", tanto construidas de nueva planta como por remodelación de las circulares, al que hay que unir la presencia de cerámicas de la CTO prerromana, TSH, tégula, cerámica común romana y escorias de hierro. No disponemos de fechas radiocarbónicas para el inicio de esta ocupación que se situaría en torno al cambio de era, mientras que sus últimos momentos estarían situados con la máxima probabilidad en la horquilla 110 cal. BC – 530 cal AD marcada por la fecha más reciente de la que disponemos, y que podemos correlacionar con las fases IIIb (30 cal. BC - 20 cal. AD) y IIIc (20 cal. AD - 50/75 cal. AD) del Noroeste (González Ruibal, 2006-2007: 68), aunque en la zona cantábrica habría que añadir una Fase IIId (50/75 cal. AD - 200 cal. AD) para poder englobar toda la fase romana de los castros (Marín, 2008, 2011).

LOS PRIMEROS TRABAJOS

Como hemos adelantado en el resumen inicial, uno de los objetivos que nos marcamos a la hora de elaborar nuestra tesis fue la construcción de la IDE (Infraestructura de Datos Espaciales) del castro, con la intención de recoger y estructurar toda la información que manejábamos. Esta información se encontraba en su mayor parte en papel, alguna ya poseía bastantes años, y estaba comenzando a sufrir el deterioro lógico del paso del tiempo (Figura 2). Con la construcción de la IDE no solo recogeríamos esta información en un formato duradero, sino que procederíamos a su sistematización.

Partíamos así, de una gran cantidad de información en formato papel, sobre todo la que hacía referencia al registro arqueológico[4], tanto en lo que se refería a su inventario como a su inclusión en planos de papel milimetrado. Contábamos además con un plano del yacimiento en el que aparecían dibujadas las estructuras en formato CAD. La primera tarea que

[4] Nuestro agradecimiento a Carlos Marín Suárez por cedernos la Tabla Excell que él había elaborado con la parte del registro que había revisado para sus trabajos.

emprendimos fue la actualización de este plano ya existente, y sobre todo, y fundamental para procedimientos posteriores, su integración en un Sistema de Información Georreferenciado. Situamos el plano en sus coordenadas UTM, siguiendo el Datum Geodésico ETRS 89, vigente en España actualmente. Así mismo, procedimos a la elaboración de otros nuevos planos y de toda una planimetría descriptiva de la estratigrafía del castro (formato CAD) (Figura 3).

Al mismo tiempo iniciamos el desarrollo de una Base de Datos General en la que incluimos tablas para catalogar tanto el registro arqueológico como las Unidades Estratigráficas y las Unidades Estratigráficas Murarias (Figura 4). Tanto para las UEs y UEMs como para el registro propusimos campos convenientemente descriptivos de su naturaleza, pero para este último además nos planteamos la posibilidad de proporcionar coordenadas UTM a cada elemento del mismo, es decir, dado que ya teníamos todo el sistema debidamente georreferenciado, ¿Por qué no intentar reintegrar todo el registro en su contexto espacial de nuevo y reincorporarlo al Sistema? Esto nos permitiría levantar planos de distribución de materiales tanto por campañas, como por tipos, proceder a la ejecución de análisis tanto macro como micro espacial, etc.

EL DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA

Cuando integramos en un SIG la planimetría, no solo dotamos de coordenadas a todas las estructuras que aparecían en los planos, sino que además, el sistema nos proporcionaría las coordenadas de cualquier punto que se insertara en ellos.

Partiendo de esta idea, y teniendo en cuenta que, por una parte, entre la documentación que poseíamos habían algunos planos milimetrados de las cuadrículas excavadas con los elementos del registro representados en ellos mediante puntos, y por otra parte, teníamos las medidas de referencia X e Y de otra parte del registro, decidimos proceder a la reinserción del mismo.

No poseíamos información documental que nos permitiese reintegrar todo el registro en absoluto. De las primeras campañas (años 62 y 63) no teníamos ni siquiera inventario, por ejemplo. Comenzamos a tener documentación a partir de la campaña de 1980 en forma de inventario y planos donde aparece representado el registro, de manera que en el 80 y el 81, la información está en este formato. A partir de 1983, en el inventario aparecen las medidas de referencia X e Y para la mayor parte de los elementos que no de todos. Esta situación se repite para el año 85. En el 84 solo tenemos inventario y en el 86 nada. Por lo tanto, el registro que hemos reintegrado a sus coordenadas espaciales pertenece a las campañas de los años 1980, 1981, 1983 y 1985.

Teniendo esto en cuenta, diseñamos dos métodos distintos para insertar los puntos en el plano dependiendo de la información de la que partíamos: mediante el escaneo de planos y su posterior inserción si partíamos de los planos milimetrados, y midiendo sobre el plano y situando el punto en su lugar si partíamos de las medidas de referencia.

Escaneo e inserción de planos

Procedimos al escaneo de todos los planos de los que disponíamos - y por lo tanto hemos creado también una base documental de planos en formato TIFF, catalogada y disponible para cualquier eventualidad- para proceder posteriormente a su inserción (Figura 5).

Para insertarlos utilizamos la aplicación ráster AutoCAD Raster Design, aprovechando que ya trabajábamos con AutoCAD para el diseño de los planos. Esta aplicación – convierte imágenes ráster en vectoriales - nos permite, entre otras cosas, procesar las imágenes permitiendo trabajar con ellas e insertarlas en el plano exactamente en el lugar elegido y con la escala correcta, es decir, nos permite georreferenciarlas.

Cada plano antiguo del que partíamos era el equivalente a una de las cuadrículas que se habían excavado con unas dimensiones de 4 x 4 m. Conocíamos la cuadrícula general del castro que se hizo antes de las intervenciones arqueológicas y la teníamos dibujada sobre el plano general en AutoCAD. Utilizamos esta cuadrícula como malla de referencia para insertar las imágenes. El mecanismo era fácil: hacer coincidir cada imagen escaneada con su correspondiente retícula en la malla de referencia. De todas formas, tuvimos que sortear algunas discrepancias entre la retícula dibujada y la que realmente se preparó sobre el terreno cuando se excavó en cada campaña. Para solventar estas discordancias, siempre hemos tomado como referencia las estructuras para guiarnos en la correcta inserción del plano escaneado. Hay que tener en cuenta que, afortunadamente, el dibujante representó las cuadrículas y las estructuras en ellas con auténtico mimo, perfectamente a escala y detalladas, por lo que fue fácil orientarse (Figura 6).

En cuanto a la posibilidad de error en la toma de coordenadas, es evidente que existe un porcentaje de error dado que los datos no se han tomado sobre el terreno con una lectura de campo, pero también es cierto que a nosotros no nos interesa el valor en tanto que absoluto, sino en su relación con otros. Los valores nos interesan en cuanto que nos permiten establecer análisis relacionales entre ellos y con ellos, es decir, en cuanto que podemos contextualizarlos.

Situación de los puntos en el plano

Con la aplicación Raster Design insertamos las imágenes de los planos ya escaneadas en el general de AutoCAD de la campaña correspondiente. Como ya hemos mencionado, cada plano equivale a una cuadrícula de 4 x 4 m a escala en papel milimetrado.

Trazamos los puntos y les asignamos el mismo número que tienen en el registro general de la Base de Datos, donde cada pieza está descrita exhaustivamente. Establecemos sus coordenadas UTM. Trasladamos esta información al registro de la Base de Datos. Queda así la descripción correspondiente a cada resto completada (Figura 7).

Esto en cuanto a los puntos reinsertados con imágenes escaneadas. Para el registro del que poseíamos las mediadas de referencia X e Y, medimos sobre el plano utilizando la malla cartesiana ya mencionada y situamos los puntos en su lugar.

RESULTADOS

Uno de los resultados más destacado es que hemos vuelto a resituar cada elemento del registro en el espacio. Unos restos que se excavaron hace más de 30 años han podido reintegrarse en su lugar original y *recogerse de nuevo* pero con una sistemática actual, lo que nos permite la toma de nuevos datos antes imposibles de determinar, que nos permitirán realizar estudios actualizados. Entre estos nuevos datos está la determinación de las coordenadas UTM de cada resto.

Por otra parte y a través de su inclusión en la Base de Datos general del castro, hemos asociado cada resto a una descripción individual.

Además destacar la implementación de la Infraestructura de Datos Espaciales – IDE - del castro, con todas las ventajas a la hora de gestionar la información que ello conlleva.

Y ya trabajando con los resultados obtenidos, hemos elaborado diferentes planos de distribución espacial del registro arqueológico del castro, entre ellos de distribución general de materiales, de distribución por campañas, de distribución por tipos de materiales (cerámica, hierro, etc.) (Figura 8). Ahora estamos procediendo a realizar una serie de análisis espaciales de los que pronto obtendremos resultados.

CONCLUSIONES

Como ya hemos manifestado, hemos retomado una información que se presentaba en un formato un tanto obsoleto y pesado y la hemos convertido en una información ágil, actualizada, susceptible de ser manejada con las nuevas tecnologías y de ser analizada de acuerdo a parámetros más actuales.

Creemos que este proceso es adaptable a todos los yacimientos cuya documentación se encuentre en la misma situación, y su aplicación nos facilitaría no solo la conservación de la información sino también su investigación y su divulgación, y hablando en concreto de la elaboración de IDEs, permite establecer una sistematización en toda la documentación e información arqueológica que se maneja facilitando su gestión, el acceso a su estudio y análisis, y su posterior publicación.

NUESTRO PROYECTO

Además de todo el proceso que rodea la Tesis Doctoral, que aportará documentación nueva sobre el castro - entre otras cosas la reconstrucción virtual del yacimiento (Figura 9) - queremos abordar otros trabajos que repercutan en la puesta en valor del mismo, siendo todo lo que hemos expuesto en esta reseña una pequeña parte de nuestro proyecto. Implementaremos, así, un escenario virtual del castro reconstruido con el que sea factible interactuar, lo que implica un importante trabajo para su ejecución. Por otra parte, tenemos previsto desarrollar una página web Museo Virtual donde también se puedan realizar consultas sobre el castro, planos, registro, y en fin, sobre todos los datos incluidos en la IDE.

REFERENCIAS

ABAD VIDAL, E., REY CASTIÑEIRA, J., ÁLVAREZ CASTRO, G., VARELA PET, J. 2011. Diseño y desarrollo de un modelo de datos para una IDE arqueológica de la Edad de Hierro en Galicia. II Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales, Barcelona. http://www.idee.es/resources/presentaciones/JIIDE11/Articulo-71.pdf

CUESTA, F., JORDÁ PARDO, J.F., MAYA, J.L. Y MESTRES, J.S. (1996): Radiocarbono y cronología de los castros asturianos. *Zephyrvs*, 49, 225-270.

FLOR, G., POBLETE PIEDRABUENA, M.A., RUIZ FERNÁNDEZ, J. Y JORDÁ PARDO, J.F. (2003): *Asturias, peñas al mar. Excursión al occidente de Asturias. Excursión científica nº 2, 4 de Julio de 2003.* XI Reunión Nacional de Cuaternario. Oviedo (Asturias), 2, 3 y 4 de julio de 2003. AEQUA y Universidad de Oviedo, Oviedo.

GARCÍA MARTÍNEZ, M. Y JORDÁ PARDO, J.F. (1997): El castro de San Chuis (Pola de Allande). La recuperación de un enclave para la historia antigua de Asturias. *Mem.Hist.Ant.*, XVIII, 319-338.

GARCÍA MARTÍNEZ, M., JORDÁ PARDO, J.F., ADÁN ÁLVAREZ, G., MANZANO HERNÁNDEZ, M.P., MESTRES, J.S. Y SOTO, E. (2000): El castru de San Chuis (Allande). Mas de milenta años d'ocupación nun pobláu protohestóricu del occidente asturianu. *Asturies. Memoria encesa d'un pais,* 10, 4-25.

GONZALEZ RUIBAL, A. (2006-2007): Galaicos. Poder y comunidad en el Noroeste de la Península Ibérica (1200 a.C.-50 d.C.), Tomos I y II, *Brigantium*, 18 y 19, A Coruña.

JORDÁ CERDÁ, F. (1984): Notas sobre la cultura castreña del noroeste peninsular. *Mem.Hist. Ant.*, VI, 7-14.

JORDÁ CERDA, F. (1985): Allande: castro de San Chuis. *Arqueología 83*. Ministerio de Cultura. Madrid, p. 80.

JORDÁ CERDA, F. (1987): Allande: castro de San Chuis. *Arqueología 84-85.* Ministerio de Cultura. Madrid, p 25.

JORDÁ CERDA, F. (1990): Informe preliminar sobre las excavaciones arqueológicas en el Castro de San Chuis (Beduledo, Allande) Asturias. Campaña de 1986. *Excavaciones Arqueológicas en Asturias 1983-86*, 1. Consejería de Educación, Cultura y Deportes, Principado de Asturias, 153-156.

JORDÁ CERDÁ, F., MANZANO HERNÁNDEZ, M.P., JORDÁ PARDO, J.F., GONZÁLEZ-TABLAS SASTRE, F.J., CARROCERA FERNÁNDEZ, E. Y BÉCARES PÉREZ, J. (1989): El castro asturiano de San Chuis. *Revista de Arqueología*, 95, 38-48.

JORDÁ PARDO, J.F. (1990): El medio geológico y su explotación en el Castro de San Chuis (Allande, Asturias). *Boletín Geológico y Minero*, 101-5, 780-791.

JORDÁ PARDO, J.F. (2001): Un viaje por los castros asturianos. Primera etapa: el castro de San Chuis en el concejo de Allande. *Terralia*, 23, 66-73.

JORDÁ PARDO, J.F. Y GARCÍA MARTÍNEZ, M. (1999): Investigaciones arqueológicas en el Castro de San Chuis (Allande, Asturias): Últimos trabajos y memoria final (Estratigrafía isotópica y Trabajos desarrollados durante 1997). *Excavaciones Arqueológicas en Asturias 1995-98*, 4. Consejería de Cultura, Principado de Asturias, 137-150.

JORDÁ PARDO, J.F. Y GARCÍA MARTÍNEZ, M. (2007): Investigaciones arqueológicas en el Castro de San Chuis (Allande, Asturias): Últimos trabajos y memoria final (resultados obtenidos durante los años 2000 y 2001). *Excavaciones Arqueológicas en Asturias 1999-2002*, 5. Consejería de Cultura, Principado de Asturias, 141-148.

JORDÁ PARDO, J.F., MESTRES TORRES, J.S. Y GARCÍA MARTÍNEZ, M. (2002): Arqueología castreña y método científico: nuevas dataciones radiocarbónicas del Castro de San Chuis (Allande, Asturias). *Croa*, 12, 17-36.

JORDÁ PARDO, J.F., MARÍN SUÁREZ, C. Y GARCÍA-GUINEA, J. (2011): Discovering San Chuis Hillfort (Northern Spain): Archaeometry, Craft Technologies, and Social Interpretation. En: Tom Moore y Xosê-Lois Armada (eds.), *Atlantic Europe in the First Millennium BC. Crossing the Divide*. Oxford University Press, Oxford: 488-505.

MANZANO HERNÁNDEZ, M. P. (1985): *Aportaciones al estudio de la Cultura Castreña en el occidente asturiano: La cerámica del Castro de San Chuis*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Salamanca.

MANZANO HERNÁNDEZ, M.P. (1986-87): Avance sobre la cerámica común del castro de San Chuis. Pola de Allande. *Zephyrvs*, 39-40, 397-410.

MARÍN SUÁREZ, C. (2005) *Astures y Asturianos. Historiografía de la Edad del Hierro en Asturias,* Ed. Toxosoutos (Serie Keltia), A Coruña.

MARÍN SUÁREZ, C. (2007): Los materiales del castro de San L.luis (Allande, Asturias). *Complutum,* 18: 131-160.

MARÍN SUÁREZ, C. (2011): *De nómadas a castreños: el primer milenio antes de la era en el sector centro-occidental de la Cordillera Cantábrica.* Tesis Doctoral. Departamento de Prehistoria. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

MARÍN SUÁREZ, C. Y JORDÁ PARDO, J.F. (2007): Las cerámicas indígenas del Castro de San L.luis (Allande, Asturias). En: A. Fanjul Peraza (coord.), *Estudios varios de Arqueología castreña. A propósito de las excavaciones en los castros de Teverga, Asturias*. *Septentrion*, 1, I.E.P.A., Teverga, 135-152.

MARÍN SUÁREZ, C., JORDÁ PARDO, J. Y GARCÍA-GUINEA, J. (2008): Arqueometría en el castro de San Chuis (Allande, Asturias, España). En: E. Ramil Rego (ed.), *I Congreso Internacional de Arqueoloxía de Vilalba, 11-14 junio 2008. Férvedes*, 5: 52-62.

MAYA, J.L. (1987/1988): *La cultura material de los castros asturianos*. Estudios de Antigüedad, 4/5, Publicaciones de la Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.

REY CASTIÑEIRA, J., MARTÍN SEIJO, M., TEIRA BRIÓN, A., ABAD VIDAL, E., CALO RAMOS, N., CARBALLO ARCEO, X., COMENDADOR REY, B., PICÓN PLATAS, I. Y VARELA MONTES, A. (2011): "CastroBYTE": un modelo para a xestión da información arqueolóxica. *Gallaecia* 30: 67-106.

VILLA VALDES, A. Y MENÉNDEZ GRANDA, A. (2009): Estudio cronoestratigráfico de las murallas del castro de San Chuis, en San Martín de Beduledo (Allande, Asturias). Boletín de Letras del Real Instituto de Estudios Asturianos, 173-174: 159-179.

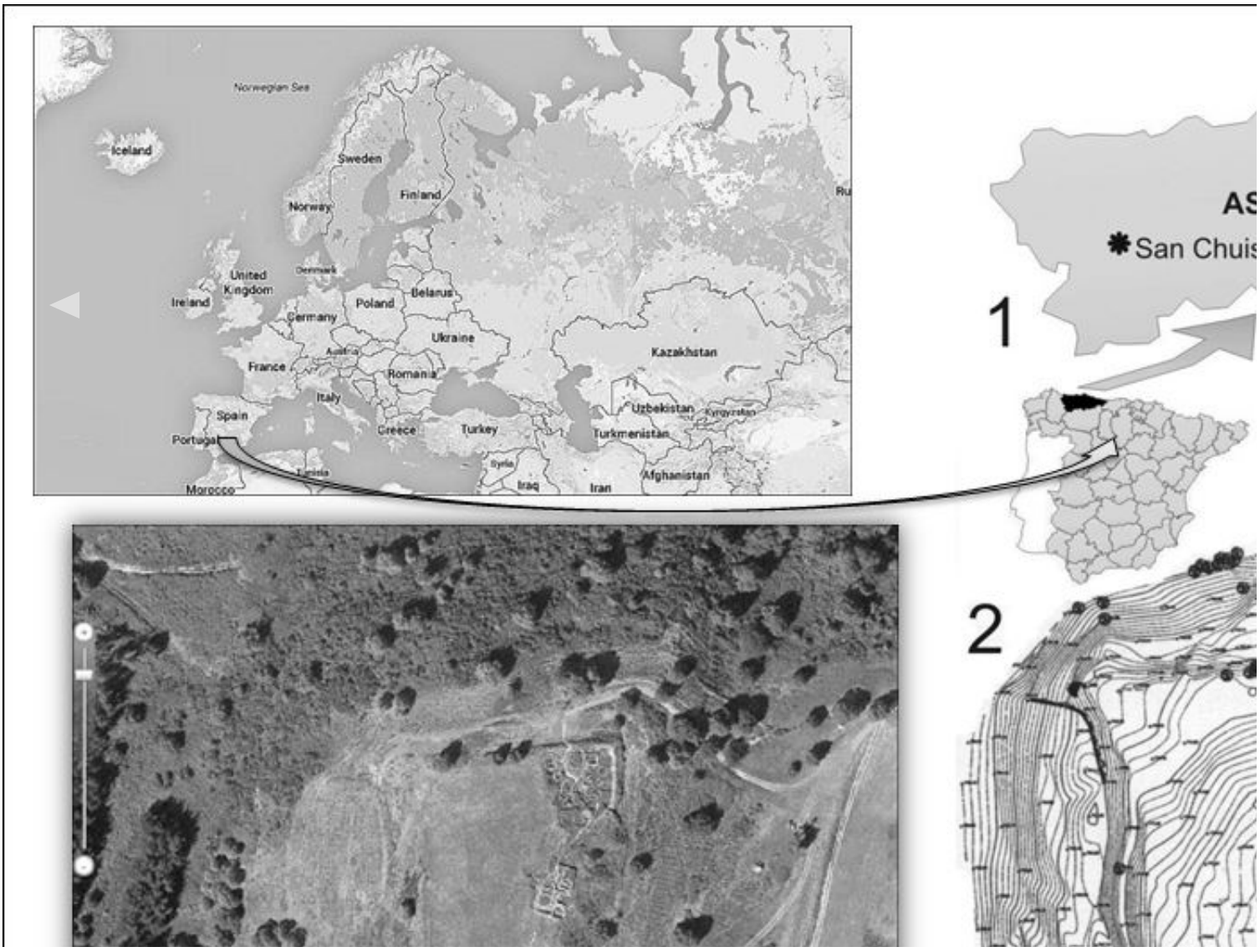


FIGURA 1. 1) SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE CASTRO DE SAN CHUIS (ALLANDE, ASTURIAS) EN EL CONTEXTO DE EUROPA, PENÍNSULA IBÉRICA Y PRINCIPADO DE ASTURIAS. (B) FOTOGRAFÍA AÉREA (VISOR SIGPAC - SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE PARCELAS AGRÍCOLAS – DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE DE ESPAÑA) Y PLANO TOPOGRÁFICO DEL CASTRO.

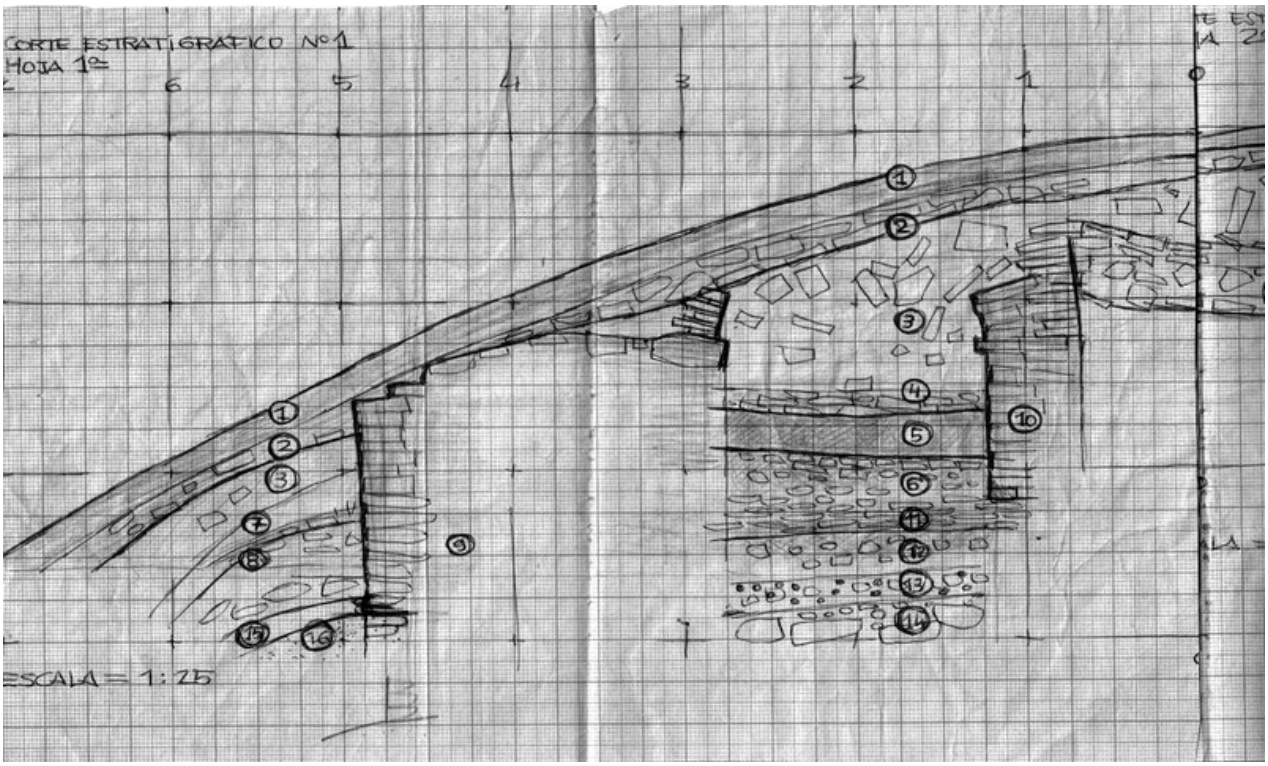


FIGURA 2. PLANO EN PAPEL MILIMETRADO DE UN CORTE ESTRATIGRÁFICO EN ESTRUCTURA 3 Y MURALLA DEL AÑO 63. VEMOS COMO EL PASO DEL TIEMPO LO HA DETERIORADO BASTANTE.

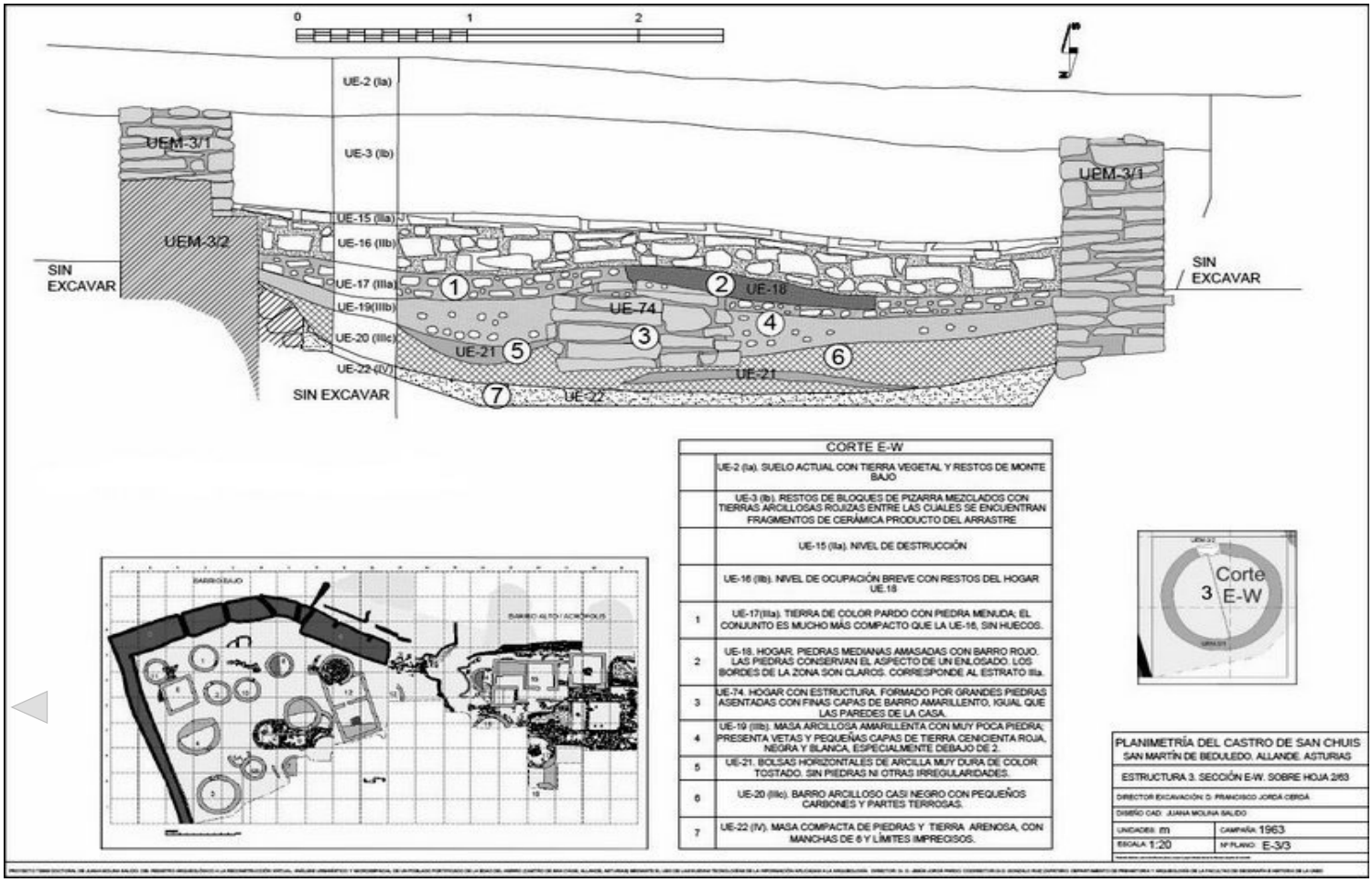
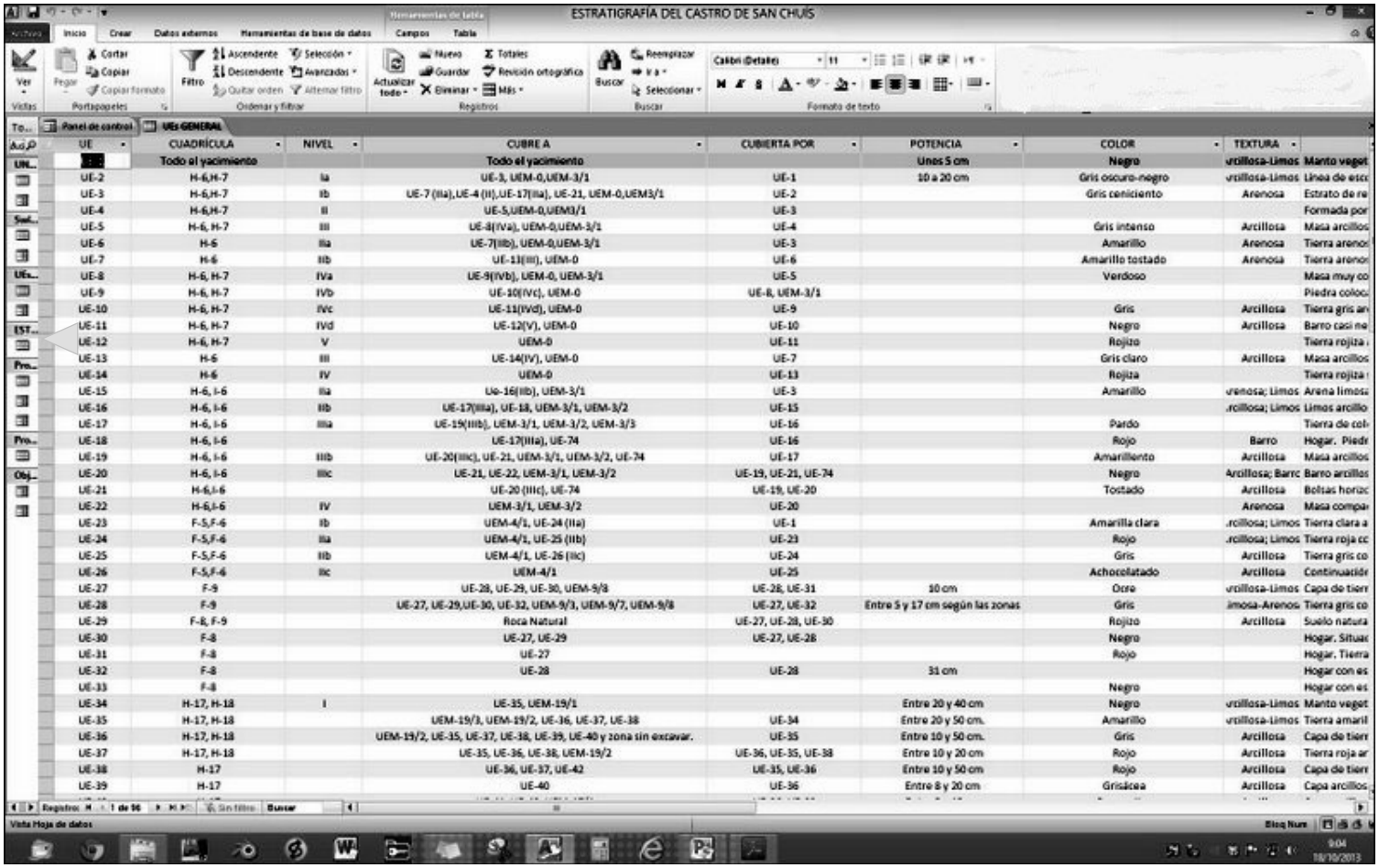


FIGURA 3. PLANO DEL CORTE ESTRATIGRÁFICO E-W DE LA ESTRUCTURA 3 EXCAVADA DURANTE LA CAMPAÑA DE 1963.



UE	CUADRÍCULA	NIVEL	CUBRE A	CUBIERTA POR	POTENCIA	COLOR	TEXTURA	
	Todo el yacimiento		Todo el yacimiento		Unos 5 cm	Negro	rcillosa-Limos	Manto veget
UE-2	H-6,H-7	Ia	UE-3, UEM-0,UEM-3/1	UE-1	10 a 20 cm	Gris oscuro-negro	rcillosa-Limos	Línea de esc
UE-3	H-6,H-7	Ib	UE-7 (IIa),UE-4 (II),UE-17(IIa), UE-21, UEM-0,UEM3/1	UE-2		Gris ceniciento	Arenosa	Estrato de re
UE-4	H-6,H-7	II	UE-5,UEM-0,UEM3/1	UE-3				Formada por
UE-5	H-6, H-7	III	UE-8(IVa), UEM-0,UEM-3/1	UE-4		Gris intenso	Arcillosa	Masa arcillos
UE-6	H-6	IIa	UE-7(IIb), UEM-0,UEM-3/1	UE-3		Amarillo	Arenosa	Tierra arenos
UE-7	H-6	IIb	UE-11(III), UEM-0	UE-6		Amarillo tostado	Arenosa	Tierra arenos
UE-8	H-6, H-7	IVa	UE-9(IVb), UEM-0, UEM-3/1	UE-5		Verdoso		Masa muy co
UE-9	H-6, H-7	IVb	UE-10(IVc), UEM-0	UE-8, UEM-3/1				Piedra coloc
UE-10	H-6, H-7	IVc	UE-11(IVd), UEM-0	UE-9		Gris	Arcillosa	Tierra gris ar
UE-11	H-6, H-7	IVd	UE-12(V), UEM-0	UE-10		Negro	Arcillosa	Barro casi ne
UE-12	H-6, H-7	V	UEM-0	UE-11		Rojizo		Tierra rojiza
UE-13	H-6	III	UE-14(IV), UEM-0	UE-7		Gris claro	Arcillosa	Masa arcillos
UE-14	H-6	IV	UEM-0	UE-13		Rojiza		Tierra rojiza
UE-15	H-6, I-6	IIa	Ue-16(IIb), UEM-3/1	UE-3		Amarillo	renosa; Limos	Arena limosa
UE-16	H-6, I-6	IIb	UE-17(IIIa), UE-18, UEM-3/1, UEM-3/2	UE-15			rcillosa; Limos	Limos arcillo
UE-17	H-6, I-6	IIIa	UE-19(IIIb), UEM-3/1, UEM-3/2, UEM-3/3	UE-16		Pardo		Tierra de col
UE-18	H-6, I-6		UE-17(IIIa), UE-74	UE-16		Rojo	Barro	Hogar. Piedr
UE-19	H-6, I-6	IIIb	UE-20(IIIc), UE-21, UEM-3/1, UEM-3/2, UE-74	UE-17		Amarillento	Arcillosa	Masa arcillos
UE-20	H-6, I-6	IIIc	UE-21, UE-22, UEM-3/1, UEM-3/2	UE-19, UE-21, UE-74		Negro	Arcillosa; Barro	Barro arcillos
UE-21	H-6,I-6		UE-20 (IIIc), UE-74	UE-19, UE-20		Tostado	Arcillosa	Bolsas horiz
UE-22	H-6,I-6	IV	UEM-3/1, UEM-3/2	UE-20			Arenosa	Masa compa
UE-23	F-5,F-6	Ib	UEM-4/1, UE-24 (IIa)	UE-1		Amarilla clara	rcillosa; Limos	Tierra clara a
UE-24	F-5,F-6	IIa	UEM-4/1, UE-25 (IIb)	UE-23		Rojo	rcillosa; Limos	Tierra roja co
UE-25	F-5,F-6	IIb	UEM-4/1, UE-26 (IIc)	UE-24		Gris	Arcillosa	Tierra gris co
UE-26	F-5,F-6	IIc	UEM-4/1	UE-25		Achocolatado	Arcillosa	Continuación
UE-27	F-9		UE-28, UE-29, UE-30, UEM-9/8	UE-28, UE-31	10 cm	Ocre	rcillosa-Limos	Capa de tierr
UE-28	F-9		UE-27, UE-29,UE-30, UE-32, UEM-9/3, UEM-9/7, UEM-9/8	UE-27, UE-32	Entre 5 y 17 cm según las zonas	Gris	imosa-Arenos	Tierra gris co
UE-29	F-8, F-9		Roca Natural	UE-27, UE-28, UE-30		Rojizo	Arcillosa	Suelo natura
UE-30	F-8		UE-27, UE-29	UE-27, UE-28		Negro		Hogar. Situac
UE-31	F-8		UE-27			Rojo		Hogar. Tierra
UE-32	F-8		UE-28	UE-28	31 cm			Hogar con es
UE-33	F-8					Negro		Hogar con es
UE-34	H-17, H-18	I	UE-35, UEM-19/1		Entre 20 y 40 cm	Negro	rcillosa-Limos	Manto veget
UE-35	H-17, H-18		UEM-19/3, UEM-19/2, UE-36, UE-37, UE-38	UE-34	Entre 20 y 50 cm.	Amarillo	rcillosa-Limos	Tierra amaril
UE-36	H-17, H-18		UEM-19/2, UE-35, UE-37, UE-38, UE-39, UE-40 y zona sin excavar.	UE-35	Entre 10 y 50 cm.	Gris	Arcillosa	Capa de tierr
UE-37	H-17, H-18		UE-35, UE-36, UE-38, UEM-19/2	UE-36, UE-35, UE-38	Entre 10 y 20 cm	Rojo	Arcillosa	Tierra roja ar
UE-38	H-17		UE-36, UE-37, UE-42	UE-35, UE-36	Entre 10 y 50 cm	Rojo	Arcillosa	Capa de tierr
UE-39	H-17		UE-40	UE-36	Entre 8 y 20 cm	Grisácea	Arcillosa	Capa arcillos

FIGURA 4. TOMA DE PANTALLA DE LA TABLA CORRESPONDIENTE A LA ESTRATIGRAFÍA DE LA BASE DE DATOS GENERAL DEL CASTRO.

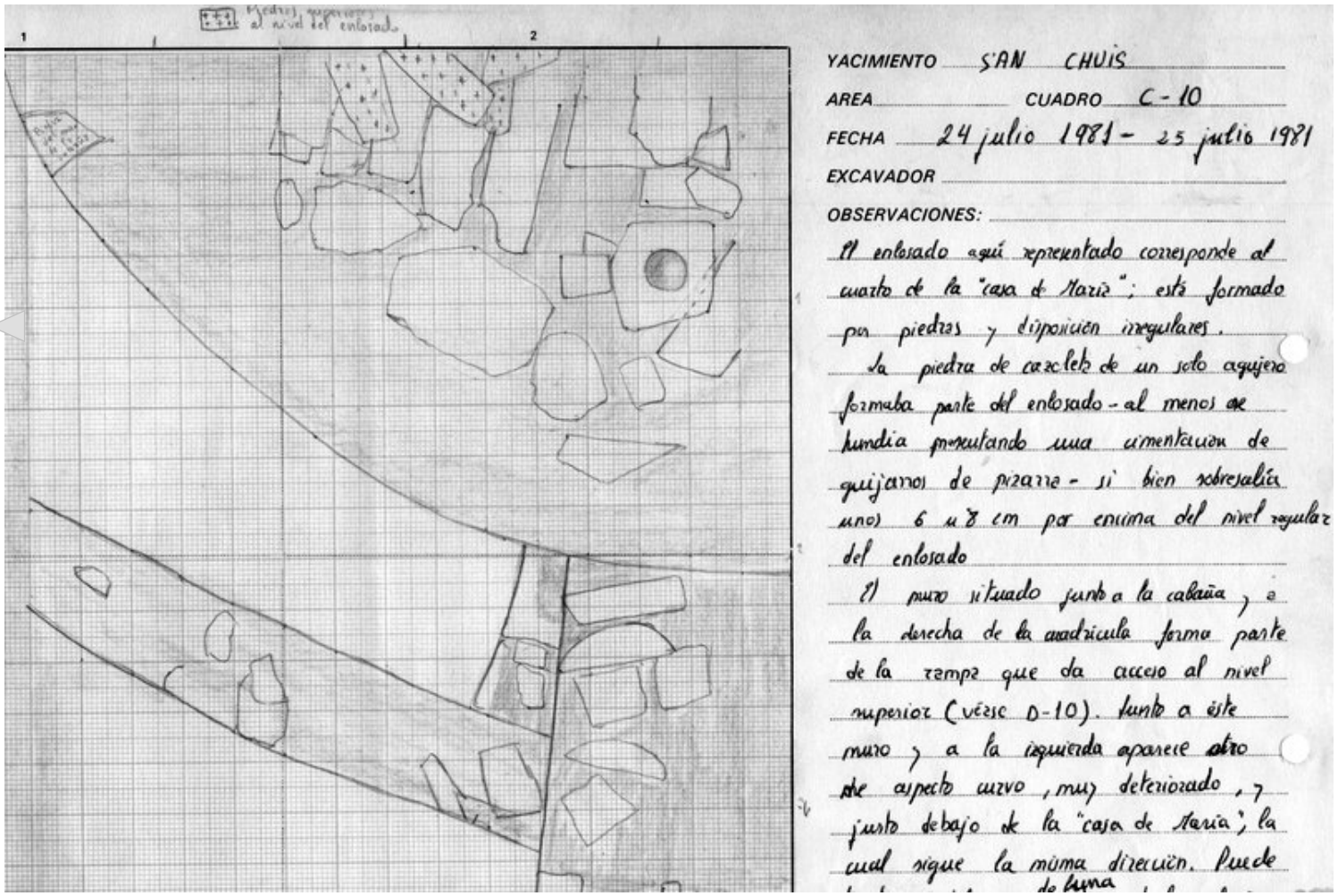


FIGURA 5. UNO DE LOS PLANOS QUE HEMOS ESCANEADO. SE CORRESPONDE A UNA CUADRÍCULA DE 4 X 4 M.

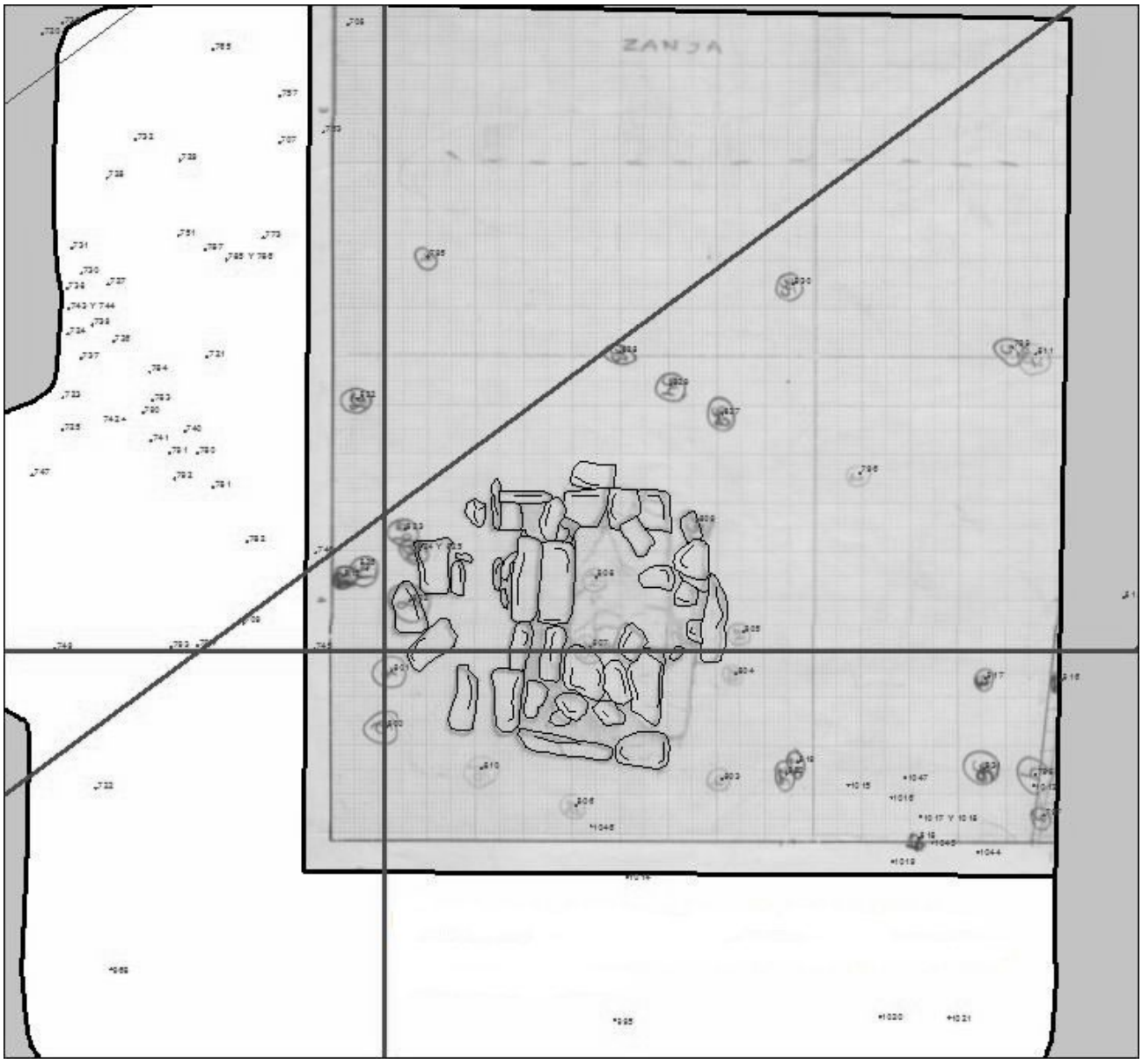


FIGURA 6. EL PLANO YA INSERTADO EN EL GENERAL DEL CASTRO MEDIANTE EL RASTER DESIGN. SE PUEDE OBSERVAR QUE LA IMAGEN QUEDA PERFECTAMENTE ACOPLADA A LA RETÍCULA Y A LAS ESTRUCTURAS.

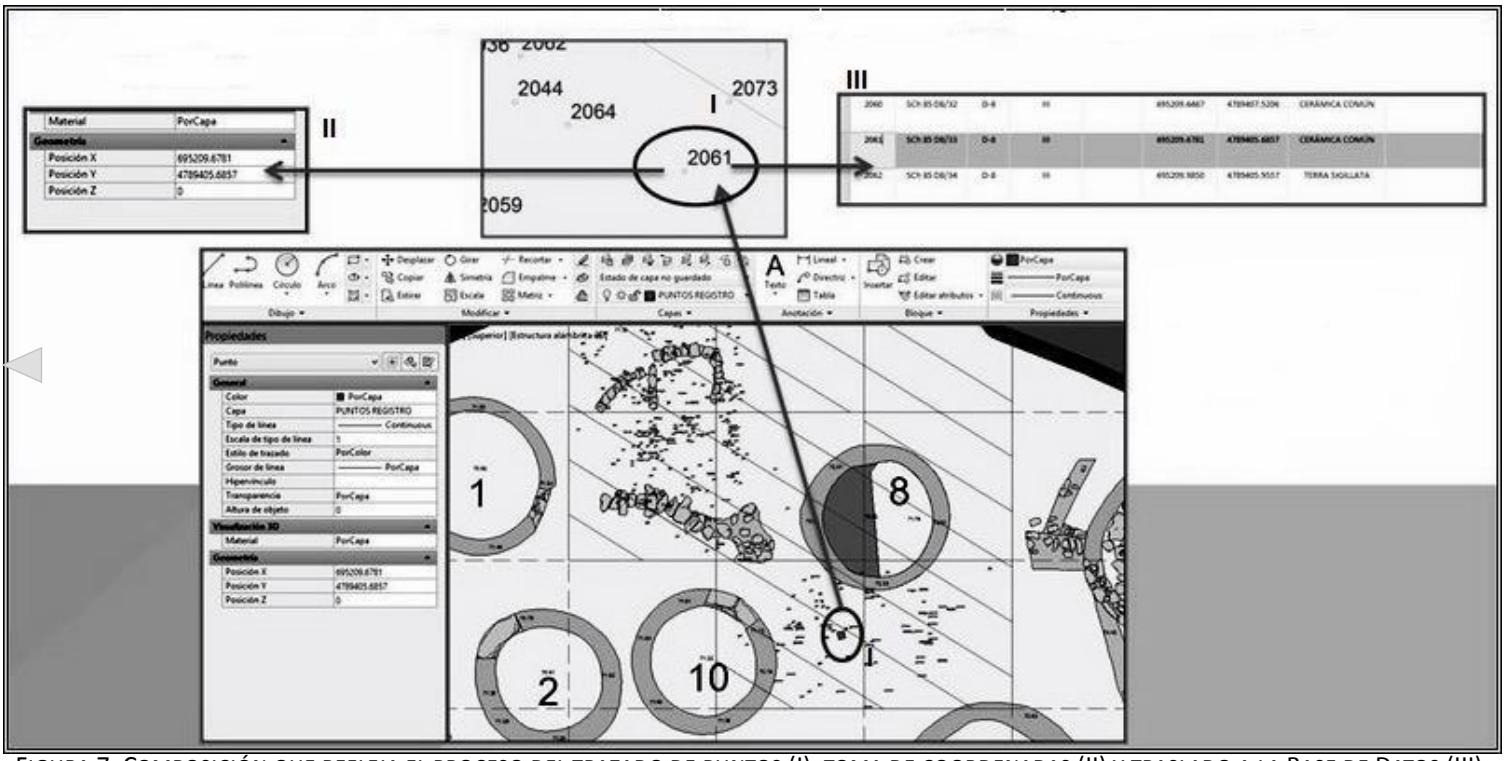


FIGURA 7. COMPOSICIÓN QUE REFLEJA EL PROCESO DEL TRAZADO DE PUNTOS (I), TOMA DE COORDENADAS (II) Y TRASLADO A LA BASE DE DATOS (III).

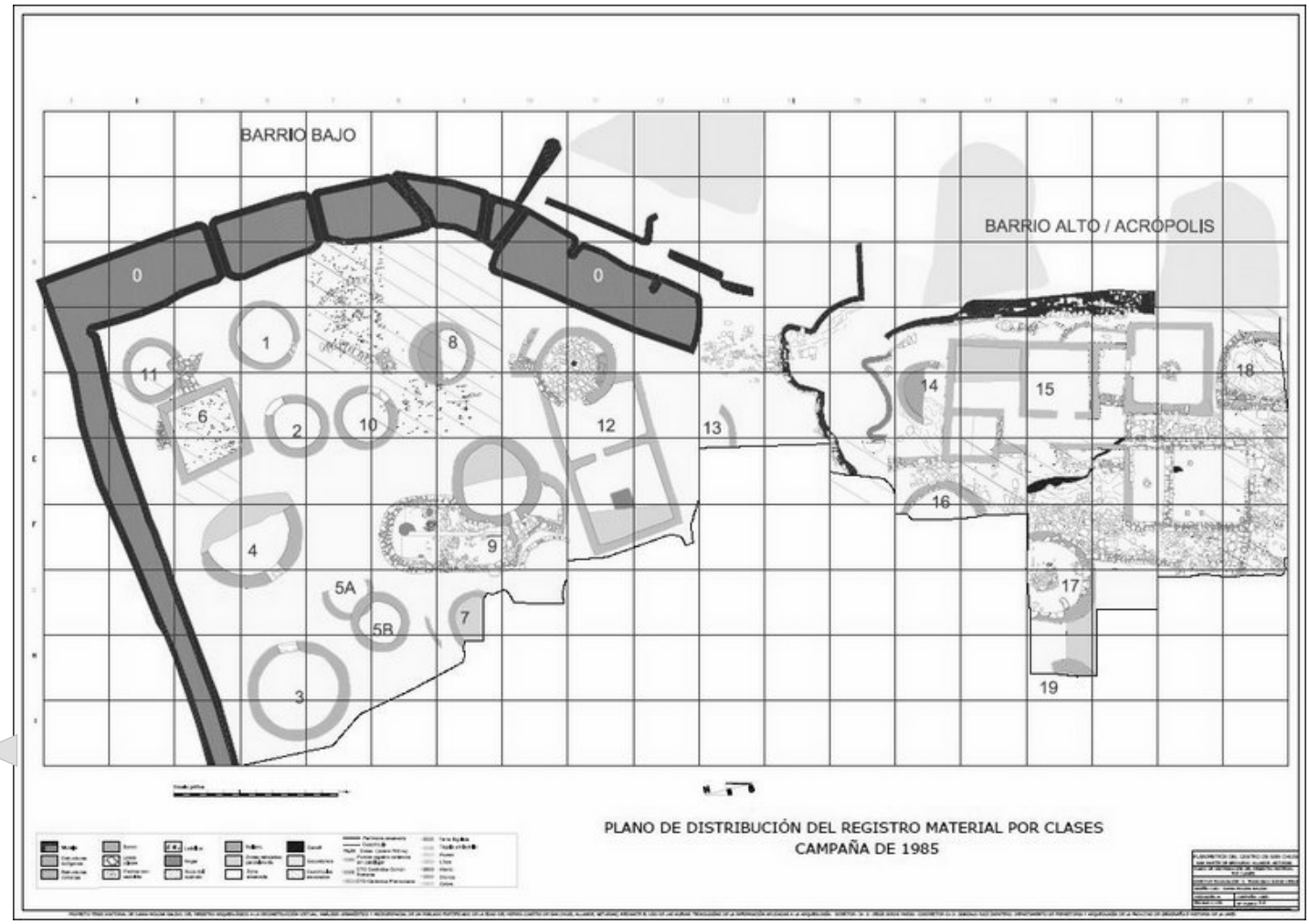


FIGURA 8. PLANO GENERAL DEL ÁREA EXCAVADA DEL CASTRO CON LA DISTRIBUCIÓN DEL REGISTRO MATERIAL DIFERENCIANDO TIPOS DE LA CAMPAÑA DE 1985. AUNQUE NO PUEDE APRECIARSE BIEN, CADA TIPO DE RESTO MATERIAL TIENE UN COLOR DISTINTO.

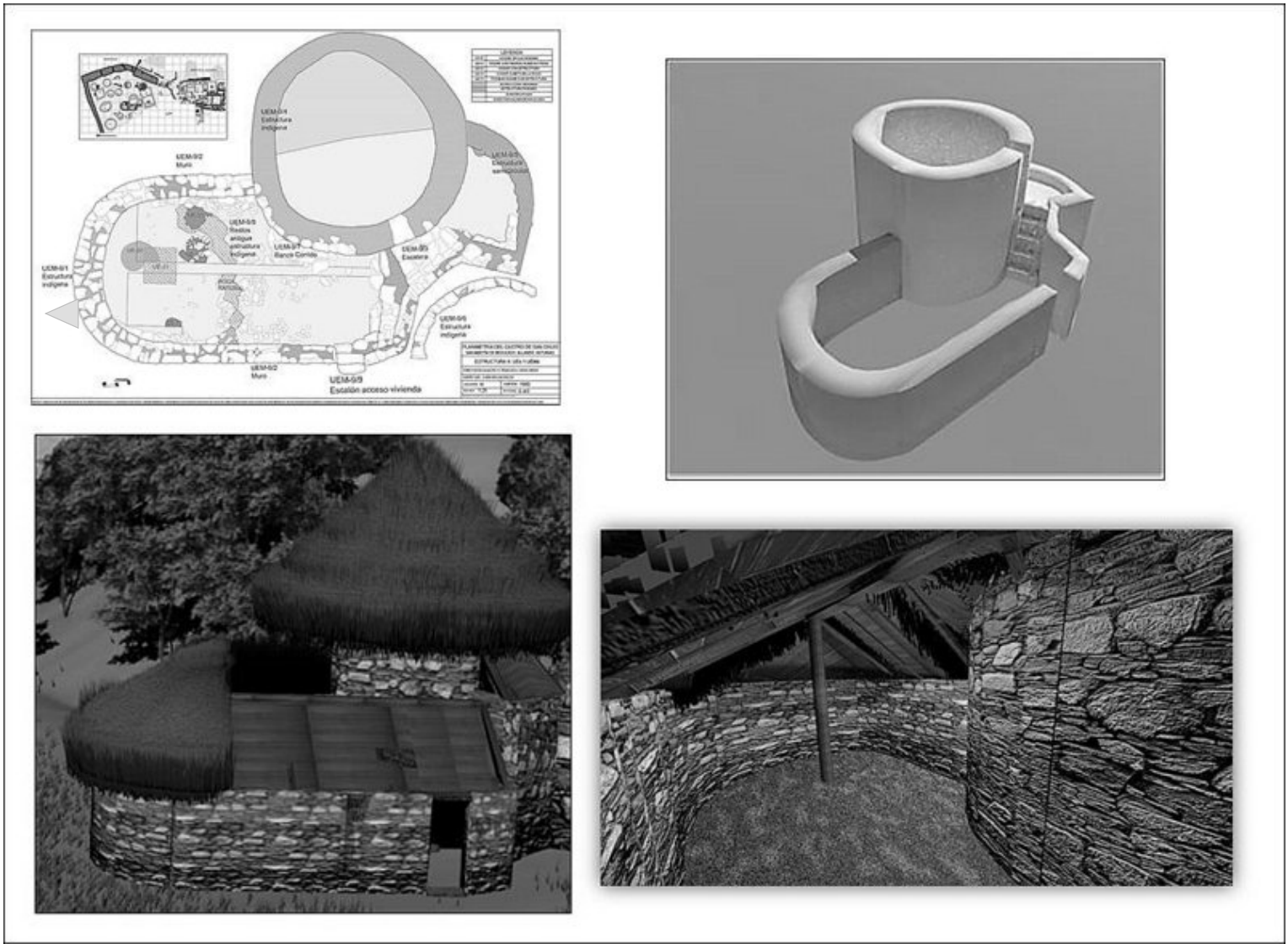


FIGURA 9. COMPOSICIÓN EN LA QUE APARECEN IMÁGENES DE LOS DIFERENTES PASOS DADOS EN EL MODELADO DE LA ESTRUCTURA 9 DEL CASTRO, CONOCIDA COMO GRAN HABITACIÓN.

LOS LÍMITES DE LA GEOESTADÍSTICA EN EL ANÁLISIS DE PATRONES DE ASENTAMIENTO Y PROCESOS ARQUEOLÓGICOS DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

THE LIMITS OF GEOSTATISTICS TOWARDS THE ANALYSIS OF SETTLEMENT PATTERNS AND SPATIAL DISTRIBUTION ARCHAEOLOGICAL PROCESSES

Joan Negre Pérez[1]

RESUMEN

En este trabajo nos centramos en el análisis de dos de las limitaciones más acuciantes que presenta el estudio geoestadístico de procesos de naturaleza espacial: la fijación del área de análisis de nuestro proceso puntual y el uso de medidas Euclidianas como base para las funciones de dispersión y densidad que no siempre son acordes con la realidad geográfica. Se proponen por tanto algunas soluciones alternativas con la finalidad de superar estos problemas, a forma de hipótesis de trabajo. Se analiza también la estructura espacial como base inicial para el desarrollo de este tipo de aproximaciones, así como su cada vez más elaborada modelización a partir del uso de análisis de redes complejas o sistemas de inteligencia artificial. Como reflexión teórica las conclusiones presentan el punto de partida de la misma y las futuras vías a transitar con el objetivo de diseñar un marco de trabajo mejor adaptado a nuestra realidad de estudio.

PALABRAS CLAVE Geoestadística, Heterogeneidad Espacial, Anisotropía, Distancias de Coste, Métricas No-Euclidianas, Redes Neuronales Artificiales

ABSTRACT

This work focuses on the analysis of the major limitations observed in geostatistical study of spatial issues: the setting of the point pattern distribution area and the use of Euclidean measurements not always in accordance with geographical reality. It is proposed therefore some alternative approach to overcome these problems as a working hypothesis. It is also analysed the spatial structure as a initial basis to develop this kind of methodological proposals, as well as its ever more elaborated modelling through Complex Network Analysis and Artificial Intelligence Systems. As a theoretical reflection, the conclusions show both the starting point and the perspectives beyond this proposal in order to design a fitter framework towards a better understanding the reality under study.

KEYWORDS Geostatistics, Spatial Heterogeneity, Anisotropy, Cost Distances, Non-Euclidean Metrics, Artificial Neural Networks

Entendemos la Geoestadística como la rama dentro del Análisis Espacial, derivada del campo homónimo de las Matemáticas aplicadas, que se encara del estudio de la variabilidad espacial de uno o varios atributos en un espacio acotado. En su definición original, Matheron, la describió como "la aplicación del formalismo de las funciones aleatorias al reconocimiento y estimación de fenómenos naturales" (Matheron 1962). A pesar de su inicial aplicación *natural*, principalmente en el campo de la Geología de minas, su uso en las Ciencias Sociales se retrotrae ya varias décadas. Fuertemente influenciada por la escuela teorético-cuantitativa de la Geografía, sus primeras aplicaciones en campos como la Arqueología las encontramos principalmente durante la década de los 70 (Whallon 1973 y 1974; Hodder y Orton 1976; Zubrow y Harbaugh 1978).

En términos generales, el conjunto de herramientas que componen la Geoestadística nos permiten extraer la máxima información posible de un conjunto de datos coordenados respecto a una variable regionalizada. Estas premisas han abierto la puerta a diversos tipos de lecturas detalladas de los procesos subyacentes bajo una distribución espacial imposibles de observar, salvo por las autodenominadas mentes preclaras, a simple vista. Las limitaciones que estas técnicas presentan, sin embargo, han sido largamente ignoradas en pos de una mayor facilidad de análisis. En este trabajo pretendemos abordar dos de estos límites, sin por ello significar que se trata de los más importantes con los que la disciplina se

[1] Laboratori d'Arqueologia Quantitativa, Departament de Prehistòria, Facultat de Filosofia i Lletres - Edifici B, Universitat Autònoma de Barcelona, E-08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès) Barcelona, SPAIN, negreperez@gmail.com

encuentra: la fijación del área de estudio y la concepción del espacio de análisis como una superficie con propiedades Euclidianas (Negre 2014).

El primero de estos problemas se relaciona con la dificultad de establecer el área de análisis de una distribución espacial, que habitualmente ha tendido a representarse como el cuadrilátero menor que la engloba o a partir de límites administrativos. En contraposición hemos tratado de delimitar un espacio potencial para esta distribución a partir de las características físicas del espacio correlacionado en combinación con el uso de modelos predictivos. En cuanto a la percepción Euclidiana del espacio de estudio, se propone en las siguientes páginas una alternativa basada en distancias no métricas derivadas de los métodos de cálculo de longitudes de coste sobre una superficie de fricción. Tanto uno como otro factor influyen de forma decisiva en los resultados de cualquier análisis geoestadístico que tome como base medidas sobre la distancia.

LA ESTRUCTURA ESPACIAL COMO BASE DE ESTUDIO

Entendemos la estructura espacial de cualquier proceso histórico como un observable más de una determinada lógica causal que llevo a su fijación en el tiempo y en el espacio. De forma menos formal, las consecuencias materiales que discernimos a través de la labor arqueológica, nos permiten inferir las acciones que dieron lugar a las mismas y, por tanto, la forma en que estas fueron llevadas a cabo por una determinada forma de organización social. Con ello damos una validez implícita al principio de que cualquier dinámica histórica tiene una dimensión espacial, es decir, que cualquier cosa que sucede, sucede en el espacio y en el tiempo (Wegener 2000: 3) y cuanto más cercanos sean los sucesos mayor relación tendrán entre sí (Tobler 1970: 234).

Pero, ¿cómo definir la estructura espacial de un determinado proceso histórico? En su nivel más básico, la formalización de cualquier proceso de este tipo, pongamos por caso un determinado patrón de ocupación del espacio o la distribución de unos ciertos materiales en un ámbito de uso acotado, puede realizarse a partir de una distribución de puntos, es decir, una distribución espacial. Básicamente se trata de una serie de elementos con unos atributos particulares -habitualmente comunes con la finalidad de poder ser comparados entre sí- entre los cuales destaca un sistema de coordenadas para poder ubicarlos en el espacio. Este será nuestro objeto básico de trabajo, a pesar de que en cualquier caso cabe tener bien presente que la complejidad que puede adquirir la formalización de uno de estos procesos puede ser mucho mayor.

Por ejemplo, usando el mismo ejemplo del patrón de ocupación de un territorio a partir de su red de asentamiento, podemos formalizar su funcionamiento en forma de una estructura de redes, en la que un mayor número de atributos y relaciones se tomaran en cuenta, como ahora vías de comunicaciones o espacios productivos. Estos elementos se interrelacionan de forma simbiótica creando un sistema complejo que se comporta de manera auto-organizativa con dependencia respecto a las formas de organización social del mismo (Figura 1). Caracterizado por una alta heterogeneidad en sus componentes, funciones y comportamientos, este tipo de estructuras únicamente pueden abordarse desde la modelización asistida. El análisis de redes complejas nos proporciona, sin embargo, las herramientas necesarias para poder trabajar sobre su estudio. Cabe destacar aquí que, si bien la complejidad, entendida como la heterogeneidad de las variables que interactúan en el sistema, que caracteriza estos sistemas supone un reto, no por ello deja de ser posible su estudio. A nadie se le ocurriría decir que la Meteorología no es una ciencia en todos sus aspectos solo porque sus predicciones ligadas a un gran número de variables independientes puedan en algunos casos errar los acontecimientos futuros.

Tomando sin embargo la estructura espacial más sencilla con la finalidad de proceder a su análisis, el resultado es que nuestra distribución de puntos tiene una serie de propiedades que pueden ser analizadas a partir de técnicas geoestadísticas. Las más destacadas podrían resumirse como sus medidas de forma, densidad y dispersión (Macchi 2009). En cuanto a la primera de ellas, quizás algunos de los métodos más habituales para su cálculo son las medidas de tendencia central, de clasificación de datos y de distribución de frecuencias. En el segundo caso, la densidad ha tendido a ser estudiada a partir de formas muy diversas, desde el análisis de frecuencias por cuadrículas hasta el uso de buffers de proximidad. A pesar de ello, cada vez se tiende más al uso de buffers adaptados a distancias de coste y de la aplicación del test de significancia χ^2 para medir las diferencias entre la densidad observada y la esperada para una distribución homogénea. Finalmente, la dispersión espacial constituye el principal índice de estructura de un patrón de puntos, explicando en términos puramente topológicos la distribución de sus elementos.

Es solo a través de la formalización y análisis matemático de las propiedades de una distribución espacial que podemos extraer unas conclusiones contrastables y, sobretodo, comparables entre distintos contextos. El potencial de esta forma de razonamiento, ha crecido exponencialmente durante las últimas décadas, principalmente debido al aumento de la información geográfica disponible sin coste y también al desarrollo de las plataformas de gestión de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Su uso generalizado en las Ciencias Sociales ha supuesto un salto cualitativo enorme en la capacidad para caracterizar la variabilidad espacial de los conjuntos de estudio y para establecer unos modelos de predicción y simulación viables. Sin embargo, son también numerosos los escollos con que se han encontrado este tipo

de planteamientos a nivel de aceptación, principalmente debido al rechazo de ciertos métodos por la propia incapacidad de entenderlos de quien ejercía la malentendida crítica. Centrémonos ahora, no obstante, en los límites reales a superar.

HETEROGENEIDAD ESPACIAL: FIJACIÓN DE ÁREAS DE ESTUDIO

Los estudios clásicos que constituyen la base geográfica de la Teoría de la Localización han tendido a construir sus modelos sobre la base de un espacio homogéneo e indiferenciado, sencillo de generalizar. Se trata de lo que podemos definir como espacio isotrópico, definido por su nula intervención en las dinámicas históricas y económicas que se desarrollan en su interior (Sánchez Hernández 2003: 64-65). Sus características principales se pueden sintetizar en la inexistencia de limitaciones al desplazamiento, sin tener en cuenta tampoco redes de comunicaciones o diversos tipos de modos de transporte, su homogeneidad respecto a la población y los recursos de los que disfruta y su comportamiento matemático euclidiano. Gracias a este modelo, pues, se han podido construir una serie de imágenes abstractas que permiten analizar el comportamiento económico de ciertos territorios y su integración en el análisis formal, dando lugar a estructuras sociales teóricas muy simplificadas. Podemos destacar cinco de estos modelos isotrópicos dentro del mundo de la Geografía, por orden cronológico: el del uso del espacio agrario de Von Thünen, el de la localización industrial de Weber, el del lugar central de Christaller, los que integran la gravitación en las interacciones espaciales y el de la distribución geográfica de la innovación de Hägerstrand (Tobler 1993: 1).

Esta concepción del espacio ha ido modificándose progresivamente conforme aparecían un mayor número de factores o condicionantes a tener en cuenta, aumentando la complejidad de los sistemas de estudio. Encontramos algunos ejemplos de esta tendencia en los trabajos de ponderación de los distintos nodos que componen un sistema y que dotan de mayor influencia sobre el mismo, por ejemplo, a las ciudades y a su capacidad para agregar a su alrededor a la mayor parte de núcleos de hábitat (Fujita 1989; Krugman 1991; Barceló *et al*. 2002). Se introducen en estos momentos también nuevas variables de análisis, referentes principalmente a las redes de comunicación, sus costes y sus beneficios (Labbé *et al*. 1995). En cualquier caso, el desarrollo de estos modelos ha estado estrechamente vinculado a las necesidades de los economistas, que han contribuido a plantear sus limitaciones y a integrar nuevos factores de interacción, como en el caso de los costes de transporte planteados por Alfred Weber a principios de siglo. A pesar de los esfuerzos, estos nuevos exponentes de la localización de los procesos económicos e históricos seguían planteando como base la existencia de un espacio isotrópico ajeno a cualquier interacción con la esfera social.

Nuestra propuesta respecto a la caracterización del espacio difiere en gran manera de estos planteamientos. Dejando de lado las diferencias más obvias respecto a la incertidumbre inherente a los medios y redes de transporte des de una visión histórica, consideramos que el espacio es un agente activo en el conjunto de interrelaciones que tienen lugar dentro de una formación social. A partir de esta base, por tanto, se desarrolla la concepción del Espacio Social, entendido como aquel en que las relaciones de trabajo y las transformaciones ejercidas por el medio social sobre el físico lo han configurado como un constructo social articulado. Una vez este espacio es fijado políticamente a través de unos límites, esta nueva geoestructura recibe el nombre de territorio, entendido como un ámbito producido donde la explotación de los recursos físicos y bióticos allí contenidos se convierte en su base económica (Sánchez Pérez 1991: 6).

Así pues, el territorio se convierte en unidad básica de análisis histórico, y como tal a su espacio físico se le presuponen una serie de características propias que interactúan con el resto de esferas que estructuran nuestra formación social. Asumimos que no comporta la misma dificultad transitar entre dos puntos cuando se hallan en un territorio llano y firme, que si la ruta debe atravesar un área montañosa de gran desnivel. Es su capacidad de influir y ser influenciado por el medio social lo que nos obliga a definir las propiedades de un espacio, siendo la más importante de ellas su caracterización anisotrópica. Esto es, de forma sintética, la dependencia direccional de las magnitudes de distancia que son medidas sobre su superficie. Cinco son los aspectos básicos que cabe destacar de este tipo de realidad geográfica:

1. La movilidad en su superficie es variable dependiendo de la dirección tomada, aunque se asume un modelo de costes de desplazamiento o de fricción en que el sentido de la dirección no modifica sustancialmente el resultado (Llobera 2000: fig. 2; Van Leusen 2002: VI, 5-9).
2. La presencia de accidentes geomorfológicos suponen una limitación al desplazamiento que no siempre es posible de superar. Variables continuas como la pendiente o discretas como la presencia de ciertos obstáculos influyen en la movilidad.
3. Se contempla la posibilidad de uso de más de un medio de transporte y de una red de comunicaciones, en caso de su existencia, para cada arco internodal del sistema bajo análisis, siendo los resultados en todo caso expresados a partir de la distancia de coste de desplazamiento mínima.
4. En el caso de una sociedad sedentaria, la población se distribuye de forma heterogénea y vinculada a los distintos puntos de hábitat conocidos, con niveles de demanda y propensión al consumo específicos.
5. Las actividades económicas están diversificadas y afectan de forma variable a la capacidad y tendencia de desplazamiento sobre la superficie.

Sentadas estas bases teóricas que definen las características principales del modelo de percepción espacial que proponemos, cabe buscar la forma de traducirlas formalmente. Nuestra apuesta por una comprensión del espacio como un agente activo dentro del complejo sistema de relaciones que define a cualquier formación social, implica un nivel de trabajo para su formalización mucho mayor. Lo que antes terminaba con la definición de un espacio plano donde todos los sucesos se distribuían de forma homogénea, ahora requiere de la definición de una estructura diversificada y su transformación en modelos realmente complejos. La dificultad de trabajar con niveles de variabilidad tan elevados no puede ser una excusa, sin embargo, para descuidar todo el proceso de elaboración de nuestra base de estudio. Así, la primera exigencia de esta nueva perspectiva de trabajo será la de convertir esta propuesta teórica en capas de información geográfica que puedan usarse para la mejora del análisis geoestadístico.

Cómo hemos comentado anteriormente, consideramos que un Espacio Social, caracterizado por la heterogeneidad de sus componentes y por un comportamiento complejo, puede reducirse en su mínima expresión a una red interconectada de sus elementos de hábitat, transporte y producción. La conversión de este sistema en capas de información geográfica útiles para su análisis puede realizarse a partir del diseño de modelos predictivos de cada una de estas redes y su posterior combinación. Mientras que la red de asentamiento podría definirse como un modelo predictivo clásico de ubicación de hábitat, la de comunicaciones se basa más en la reconstrucción de la estructura viaria y en la proximidad a la misma. Finalmente, los espacios productivos son reproducidos a través de un modelo predictivo de usos potenciales del suelo, basado principalmente en su definición geológica y las propiedades físico-químicas de los mismos.

Dos son las formas principales para la creación de este tipo de productos cartográficos: el uso de modelos de regresión sobre un algoritmo ponderado de álgebra de mapas o el diseño de una red neuronal artificial supervisada con la que analizar las interrelaciones de las variables sometidas a estudio. En el primero de los métodos propuestos, ambos modelos predictivos son diseñados a partir de la elección de una serie de variables que afectan a cada uno de los sistemas. En el caso de los asentamientos, las variables escogidas para el desarrollo del modelo han sido: elevación absoluta, elevación relativa, índice topográfico, clasificación geológica, grado de pendiente y distancia a recursos hídricos. En cuanto a los usos potenciales del suelo, se han usado las siguientes: clasificación geológica, cuencas hidrológicas, elevación de la capa freática, variabilidad de la pendiente y características climáticas.

Una vez escogidos los atributos que caracterizarán nuestro modelo, solo es cuestión de combinar las distintas capas de información geográfica que los representan a través de una serie de funciones matemáticas. No insistiremos en exceso sobre estas cuestiones, pues una amplia literatura sobre la cuestión ya ha sido desarrollada durante las últimas décadas con excelentes síntesis sobre sus avances (van Leusen 2002: cap. 5; Wheatley y Gillings 2002:165-182; Conolly y Lake 2006: 179-186). Para evitar el sobrepeso de algunas variables en el modelo final es recomendable recurrir a algún método para estudiar su posible factorización o la eliminación de alguno de los atributos que resulta mantener una correlación directa con otros (Woodman 2000: 452-453). Tras esto, un modelo de regresión logística puede ser implementado a cada una de las capas de información geográfica para crear una superficie en la cual los valores de cada celda o píxel representan la probabilidad de cumplir el mayor número de atributos especificados en la entrada de datos. Una vez realizadas las distintas operaciones, el modelo de vías de comunicaciones debe ser reclasificado también en valores de probabilidad en función de su distancia de coste a la red de transportes. Entonces, los tres ráster probabilísticos resultantes pueden combinarse en un único modelo.

Dejemos por un momento apartada esta explicación general sobre la creación del modelo mediante ponderación por regresión y su resultado y analicemos otras posibilidades. Como se ha remarcado con anterioridad, un sistema de articulación social del espacio como el presentado, basado en la interrelación compleja entre las redes de asentamiento, transporte y producción del mismo, no es una cuestión fácilmente modelable. La propia complejidad del sistema, definida por la multiplicación de atributos intercomunicados y por la emergencia de nuevos elementos y conexiones, implica un trabajo mucho más desarrollado en cuanto al tratamiento de estos datos. Durante los últimos años, se ha venido tratando la cuestión del modelado de sistemas complejos a través de una herramienta capaz de lidiar con la complejidad de este enorme caudal de datos con patrones subyacentes difícilmente advertibles: las Redes Neuronales Artificiales (RNA).

De su aplicación en la creación de modelos predictivos en el campo de la Arqueología se viene hablando desde hace años, pero ha sido principalmente a partir de la elaboración de la tesis doctoral de Luca Deravignone que sus bases y métodos en esta disciplina se han asentado con fuerza (Deravignone 2009). Partiendo de algunos trabajos introductorios previos (Deravignone y Macchi 2006) y con la colaboración en su génesis y desarrollo de investigadores como Hans Peter Blankholm y Jan Ingolf Kleppe, de la Universidad de Tromsø, durante estos primeros años se ha desarrollado un pequeño esquema conjunto de trabajo de reciente difusión pública[1]. A partir de la colaboración directa con sus diseñadores, posteriores casos de estudio han venido a corroborar los excelentes resultados ofrecidos por estas técnicas para tratar con este tipo de datos incompletos y parciales (Negre 2013; Negre y Gómez 2014).

En su base, el comportamiento de este tipo de métodos es relativamente similar al funcionamiento de las neuronas cerebrales. Toma una serie de datos que los compara en miles de combinaciones posibles y extrae una serie de *outputs* en los que se definen estas relaciones subyacentes. Dando incluso un paso más allá, se puede concebir la posibilidad de crear unos modelos predictivos combinados definiendo como estas capas de salida, las probabilidades de encontrar en un punto determinado un cierto elemento preestablecido por nuestra información de entrada (Negre, 2014). A partir de este método, y usando igualmente un algoritmo de retropropagación (Figura 2), dispondríamos finalmente de un modelo posibilístico (puesto que las RNA trabajan sobre posibilidades y no sobre probabilidades) que tras una conversión a valores de probabilidad tendría una funcionalidad predictiva altamente funcional, como ha sido testado.

Ahora está en las manos del investigador el establecer el umbral de aceptación suficiente que considere para delimitar el polígono que defina finalmente nuestra área de análisis geoestadístico. En nuestro caso, hemos estudiado a través de la fijación de diversos umbrales, cuál era el que mejor se adaptaba y englobaba el conjunto de elementos históricos del sistema de articulación social del espacio, identificables a partir del registro arqueológico o textual, estableciendo finalmente un valor de aceptación entre 40 y 100, sobre nuestra escala relativa de valores. Es decir, se acepta que el espacio de desarrollo potencial de nuestra formación social se sitúa en el área donde se cumplen como mínimo el 40% de condiciones establecidas por nuestro modelo. Se trata en todo caso de una aproximación experimental a un problema histórico que queda sujeta a los condicionantes especificados por nuestros valores de baremación.

Así, finalmente, hemos conseguido obtener un polígono de trabajo sobre el que realizar nuestras diversas aplicaciones geoestadísticas (Figura 3). Este polígono representa, sintéticamente, una abstracción del espacio potencial en el cual nuestra sociedad bajo estudio pudo haberse desarrollado. Cabe tener en cuenta que ello no significa que las áreas perimetrales de nuestra región de estudio no fuesen también administradas y explotadas, sino que las posibilidades de desarrollo del sistema complejo en estos sectores fue mucho menor. Si la Geoestadística se encarga de analizar las propiedades de una estructura espacial determinada, debemos acotar aquel espacio en que dicha estructura pudo haber tenido una fijación plausible. Aunque en estos últimos párrafos hayamos definido una posible vía para la concreción de estos límites, muchos otros caminos se abren ahora ante nosotros. Tomando como base los fundamentos de nuestra propuesta teórica, se debe seguir trabajando en mejorar la complejidad de este modelo, principalmente a partir de la integración de métodos de Inteligencia Artificial en su diseño.

ANISOTROPÍA ESPACIAL: USO DE DISTANCIAS NO MÉTRICAS EN FUNCIONES GEOESTADÍSTICAS

De la heterogeneidad espacial propuesta se desprende que la circulación o desplazamiento por la superficie de un área geográfica definida no es igualmente sencilla en todas las direcciones. Esta dependencia direccional recibe el nombre técnico de anisotropía. Hasta ahora, la Geoestadística asumía la correlación entre los puntos de una distribución espacial como una función de la distancia euclidiana, dando una validez implícita al espacio isotrópico u homogéneo. Así, lo que pretendemos es cambiar este marco de referencia por uno que se ajuste con más precisión a la realidad y que por tanto nos ofrezca unas medidas de nuestras observaciones más correctas. Este tipo de espacios pueden modelarse a partir de una superficie de costes de desplazamiento, que tomará en cuenta todas las características anteriormente descritas y permitirá calcular las distancias relativas entre dos puntos cualesquiera de esta región. La base teórica de la que se parte, por tanto, es la asunción de que la correlación entre las localizaciones no puede ser una función que depende únicamente de la distancia que las separa sino que se ve influenciada por un gran número de variables que definen el espacio de desarrollo de estas entidades.

Sin entrar en más detalles sobre la creación de este tipo de superficies de fricción, bien estudiada en las obras de referencia (Connoly and Lake 2006: 221-224), en nuestro caso proponemos un modelo que se adapte a las características descritas anteriormente para un espacio heterogéneo. Así, la pendiente será el factor clave en la elaboración de nuestro modelo de costes (punto 1), mientras que el tipo de suelos, los accidentes geográficos como sierras o ríos tendrán una afectación específica (punto 2). Variables discretas como la red de transporte funcionarán como factor de agilización del desplazamiento, y se deberán tomar en cuenta el posible uso de medios de transporte específicos entre algunos de los nodos de esta red a partir de su ponderación (punto 3). Finalmente, la influencia en el tránsito de cada nodo de la red de asentamiento (punto 4), así como los diversos espacios productivos y su afectación sobre la facilidad de paso a través de ellos (punto 5), nos permitirá añadir un mayor nivel de complejidad a nuestro modelo. Con todo ello, finalmente dispondremos de nueva información geográfica que nos permitirá calcular, para una distribución espacial específica sobre un territorio concreto, la distancia de coste entre sus elementos (Figura 4).

Formalmente, definiremos esta superficie de coste obtenida como una función f que describe para cada una de las celdas de nuestro modelo gráfico una serie de valores reales positivos respecto a la dificultad de atravesarlos, es decir, su densidad de coste. Por tanto, el coste de desplazamiento dx para el punto x será $f(x)\,dx$. A partir de esta función podremos calcular el coste de cualquier ruta dentro de un espacio anisotrópico A como la integración de todas las celdas del modelo que se recorren (Muñoz 2012: 55). El coste de esta ruta α entre los puntos s_1, s_2 será

El análisis geoestadístico exige que las medidas que se tomen como valor de estudio posean las propiedades de una métrica, es decir, que se trate de distancias en el sentido matemático del término (Waller and Gotway, 2004: 321). Para ello, se comprueba el cumplimiento por parte de los valores de coste de las distintas rutas de las propiedades de no negatividad (), simetría () y desigualdad triangular (). Así pues, una vez verificadas a partir de su reducción al absurdo, es decir, demostrada su consistencia probando que si no fuera así conducirían a una contradicción, la distancia de coste relativo entre dos puntos es una medida métrica que puede ser tomada en consideración para su análisis geoestadístico.

La aplicación de un modelo basado en distancias de coste estará limitado principalmente por dos factores: los métodos para el cálculo de este tipo de valores y la adaptación de los distintos algoritmos geoestadísticos a este nuevo tipo de medidas. El primero de ellos exige decidir si vamos a trabajar sobre valores relativos obtenidos a partir del cálculo del coste que exige realizar una ruta entre dos puntos de nuestro espacio, o si bien elegiremos transformar estos valores en otras unidades como por ejemplo valores de tiempo o de distancia absoluta. La elección de uno u otro tipo de enfoque nos obligará a realizar diferentes tipos de cálculos para conseguir que nuestras funciones se adapten al tipo de valores sobre los que trabajaremos. Por ejemplo, un algoritmo que tenga en cuenta la relación entre distancias de coste observadas y distancias de coste esperadas para una distribución preestablecida, deberá buscar una solución para el cálculo de estas últimas, pues su formulación matemática isotrópica no es coincidente cuando se trata de espacios heterogéneos.

A pesar del trabajo de adaptación que supone la aplicación de la distancias de coste en algoritmos geoestadísticos, los resultados pueden ser en algunos casos estadísticamente poco significativos. Para dar validez matemática, y no solo argumentativa, a los resultados obtenidos por nuestros análisis, debe comprobarse la definición positiva de la matriz de covarianzas de las observaciones. Esta condición exige que para cualquier número , conjunto de localizaciones y conjunto de coeficientes complejos , la función verifique la relación

donde representa la distancia basada en el coste entre sus argumentos. En definitiva, y comprobándose los anteriores factores de validación, se ha descrito un modelo funcional, que si bien no siempre puede ser utilizado como forma de demostración estadística, sí nos puede proporcionar un interpolador lineal con valoración del error de predicción (Muñoz 2012: 200-201).

Debemos tener en cuenta que las distancias de coste estarán totalmente desligadas de las euclidianas en función de la heterogeneidad del área en que estemos trabajando. Así, una llanura sin impedimentos naturales y con unos suelos relativamente consistentes, no nos aportará resultados excesivamente diferentes de las medidas en un espacio homogéneo. Por otra parte, a mayor complejidad del terreno, de las variables que participen en el modelo de costes de desplazamiento y de sus características físicas, nuestro diseño será el único que podrá tomarse por válido. Finalmente, y aunque estemos presentando toda nuestra argumentación a nivel macro-espacial, la validez y funcionalidad de este modelo para el trabajo intra-site es también incuestionable.

CONCLUSIONES

El análisis de las dos limitaciones presentadas en estas páginas se corresponde con la asunción de que el espacio donde se desarrollan las actividades sociales de cualquier sociedad pasada, presente y futura, es un elemento activo en la definición de la misma. La complejidad cada vez más acusada de los procedimientos necesarios para analizar este tipo de realidades exige una formación y una visión de los problemas mucho más amplia de lo que tradicionalmente se ha esperado. La formalización de los datos, el tratamiento de los mismos, el modelado espacial, el desarrollo de nuevas funciones geoestadísticas, etc. suponen un reto constante para la investigación, también en el campo de la Arqueología.

La Arqueología es una de las disciplinas históricas que tradicionalmente más se ha beneficiado de los avances y experiencias generadas en otros campos científicos, como la Biología, la Geografía o las Matemáticas. Muchos de los jóvenes investigadores que actualmente forman parte de las primeras promociones de graduados en Arqueología han recibido por tanto una formación interdisciplinar y técnica de muy alta calidad. Esta base que se les ha inculcado es, por tanto, un elemento muy positivo para el desarrollo de nuevas perspectivas y propuestas de trabajo sobre viejos problemas historiográficos. Podemos y debemos seguir tendiendo puentes con otras áreas de conocimiento que puedan estar trabajando en técnicas aptas para ser integradas en nuestro bagaje epistemológico. Pero también es este el momento de empezar a plantear nuestros propias necesidades como disciplina y a estructurar desarrollos de trabajo destinados a responder de forma directa a las necesidades de nuestro campo.

Esta interdisciplinariedad por la que abogamos no puede quedarse tampoco en su simple planteamiento preliminar, sino que debe llevarse a cabo hasta sus últimas consecuencias, tratando de presentar investigaciones no tan extensas en contenidos pero mucho más precisas en resultados. Las reflexiones que hemos planteado en estas páginas esperamos que sirvan como punto de partida para un mayor ímpetu en el desarrollo de este tipo de planteamientos y para abrir un debate que en muchos casos aún no se ha llevado a cabo. Como en cualquier disciplina científica, no obstante, cuanto más

complejo es el campo de trabajo más preguntas surgen y esto conlleva que no siempre se puede dar respuesta a todas. Las posibilidades que ofrecen los planteamientos expuestos para la correcta comprensión de procesos subyacentes bajo capas de datos y observaciones aparentemente inútiles, tienden a mostrar una curva exponencial conforme avanzan los trabajos y casos de estudio en los que se integran.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha beneficiado de los comentarios y matizaciones del Prof. Juan Antonio Barceló, de la Universitat Autònoma de Barcelona y director del Laboratorio de Arqueología Cuantitativa al que se adscribe el firmante del texto. También deben hacerse explícitos los agradecimientos al Prof. Giancarlo Macchi, de la Università degli Studi di Siena, y al Dr. Luca Deravignone, de la Università "La Sapienza" di Roma, por sus indicaciones realizadas durante el desarrollo de la tesis doctoral de la que han surgido estas reflexiones.

NOTAS

1. https://www.researchgate.net/publication/258283865_Grosseto_Predictive_Modelling_Manual_for_ArcGIS

BIBLIOGRAFÍA

Barceló, J.A.; Pelfer, G. y Mandolesi, A. 2002. The Origins of the City. From Social Theory to Archaeological Description. *Archeologia e Calcolatori* 13: 41-63.

Conolly, J. y Lake, M. 2006. *Geographical Information Systems in Archaeology*. Cambridge University Press, Cambridge.

Deravignone, L. 2009. *Intelligenza artificiale: sviluppo metodologico e applicativo nell'archeologia del territorio*. Tesis Doctoral Inédita. Università degli Studi di Siena, Siena.

Deravignone, L. y Macchi, G. 2006. Artificial Neural Networks in Archaeology. *Archeologia e Calcolatori* 17: 121-136.

Fujita, M. 1989. *Urban economic theory. Land use and city size*. Cambridge University Press, Cambridge.

Hodder, I. y Orton, C. 1976. *Spatial Analysis in Archaeology*. Cambridge University Press, Cambridge.

Krugman, P. 1991. Increasing Returns and Economic Geography. *The Journal of Politcal Economy* 99 (3): 483-499.

Labbé, M.; Peeters, D. y Thisse, J.F. 1995. Location on Networks. En *Handbooks of Operations Research and Management Sciences: Networks*, editado por M. Ball, T. Magnanti, C. Monma y G. Nemhauser, pp. 551-624. North-Holland, Amsterdam.

Llobera, M. 2000. Understanding Movement: a Pilot Model towards the Sociology of Movement. En *Beyond the Map: Archaeology and Spatial Technologies*, editado por G. Lock, pp. 65-84. IOS Press, Amsterdam.

Macchi, G. 2009. *Spazio e misura. Introduzione ai metodi geografico-quantitativi applicati allo studio dei fenomeni sociali*. Edizioni dell'Università, Siena.

Matheron, B. 1962. *Traité de Géostatistique Appliquée*. 2 volúmenes. Éditions Technip, Paris.

Muñoz, F.M. 2012. *Geoestadística en regiones heterogéneas con distancia basada en el coste*. Tesis Doctoral Inédita. Universitat de València, València.

Negre, J. 2013. *De Dertosa a Turtusa. L'extrem oriental d'al-Tagr al-A'là en el context del procés d'islamització d'al-Andalus*. Tesis Doctoral Inédita. Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.

Negre, J. 2014. Geostatistical Analysis in Heterogeneous Spaces. Modelling a Non-Euclidean Framework for the Study of Settlement Patterns and Spatial Processes. En *Mathematics and Archaeology*, editado por J.A. Barceló y I. Bogdanovic. Taylor & Francis - CRC Press, Boca Raton, en prensa.

Negre, J. y Gómez, R. 2014. Beyond prediction. Artificial Neural Networks and Multiscalar approaches applied to the study of historical dynamics. En *Debating Spatial Archaeology. Landscape and Spatial Analysis in Archaeology*, editado por A. García Moreno, A. García Sánchez, A. Maximiano y J. Rios. Publican - Universidad de Santander, Santander, en prensa.

Sánchez Hernández, J.L. 2003. *Naturaleza, localización y sociedad. Tres enfoques para la Geografía Económica*. Universidad de Salamanca, Salamanca.

Sánchez Pérez, J.E. 1991. *Espacio, economía y sociedad*. Siglo XXI, Madrid.

Shepherd, W.R. 1923. *Historical Atlas*. Henry Holt and Company, Nueva York.

Tobler, W. 1970 A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography* 46: 234-240.

Tobler, W. 1993. *Three Presentations on Geographical Analysis and Modelling*. Technical Report 93 (1). University of California Santa Barbarbara, Santa Barbara.

van Leusen, P.M. 2002. *Pattern to Process: Methodological Investigations into the Formation and Interpretation of Spatial Patterns in Archaeological Landscapes*. Tesis Doctoral Inédita. University of Groningen, Groningen.

Waller, L. y Gotway, C. 2004. *Applied Spatial Statistics for Public Health Data*. Wiley, Hoboken.

Wegener, M. 2000. Spatial Models and GIS. En *Spatial Models and GIS: new and potential models*, editado por S. Fotheringham y M. Wegener, pp. 3-20. Taylor & Francis, Londres.

Whallon, R. 1973. Spatial Analysis of Occupation Floors I: the Application of Dimensional Analysis of Variance. *American Antiquity* 38 (3): 266-278

Whallon, R. 1974. Spatial Analysis of Occupation Floors I: The Application of Nearest Neighor Analysis of Variance. *American Antiquity* 39 (1): 16-34.

Wheatley, D. and Gillings, M. 2002. *Spatial Technology and Archaeology. The Archaeological Applications of GIS*. Taylor & Francis, Londres.

Woodman, P.E. 2000. A Predictive Model for Mesolithic Site Location on Islay Using Logistic Regression and GIS. En *Hunther-Gatherer Landscape Archaeology: The Southern Hebrides Mesolithic Project 1988-98*, editado por S. Mithen, pp. 445-464. McDonald Institute for Archaeological Research, Cambridge.

Zubrow, E.B. y Harbaugh, J.W. 1978. Archaeological prospecting: Kriging and simulation. En *Simulation Studies in Archaeology*, editado por I. Hodder, pp. 109-122. Cambridge University Press, Cambridge.

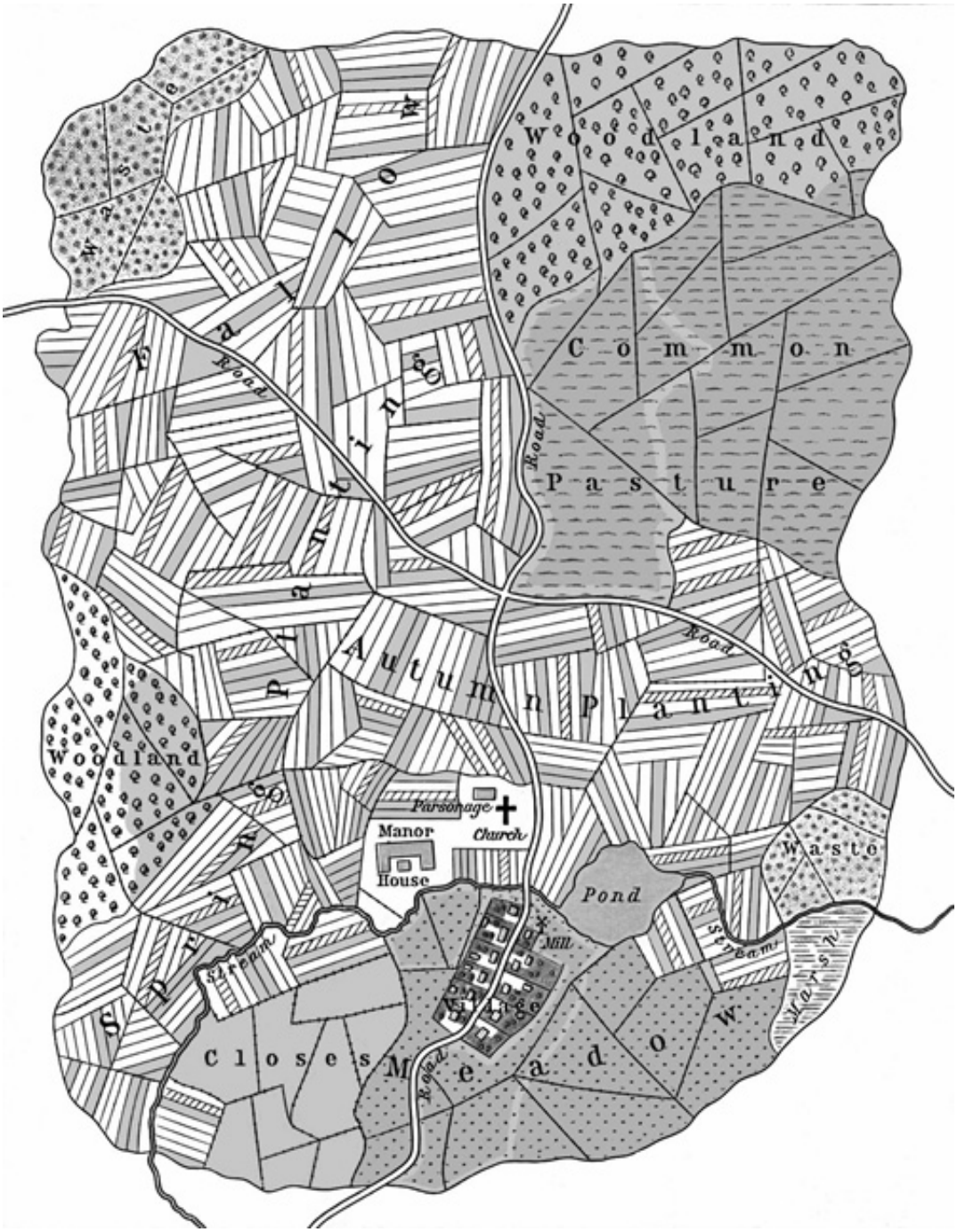


Figura 1. Ejemplo de sistema complejo de articulación social del espacio formalizado gráficamente a partir de sus redes de asentamiento (entidades puntuales), transporte (entidades lineales) y producción (entidades poligonales) como ejemplo hipotético de *open field system* (Shepherd 1923).

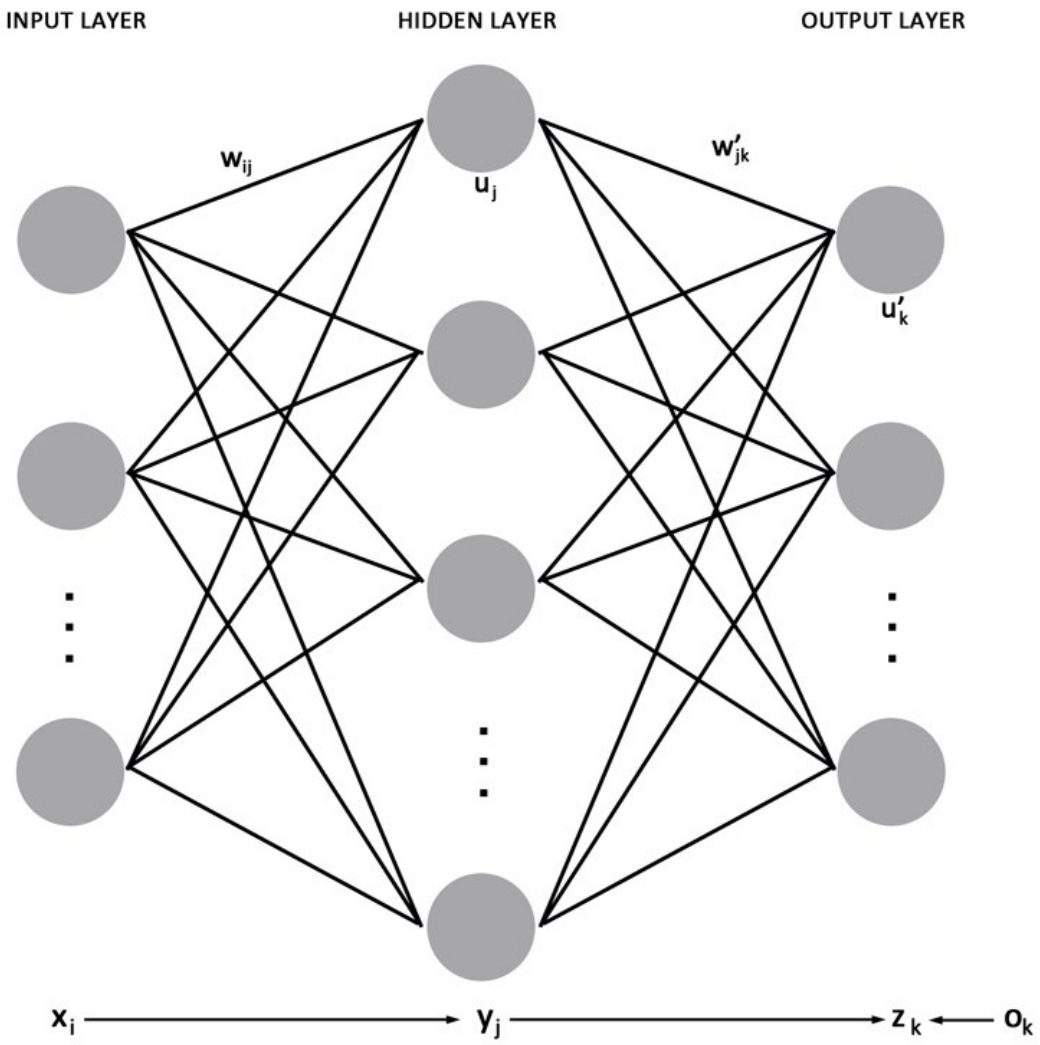


FIGURA 2. ESQUEMA BÁSICO DE FUNCIONAMIENTO DEL ALGORITMO DE RETROPROPAGACIÓN DE UNA RED NEURONAL ARTIFICIAL (NEGRE 2014).

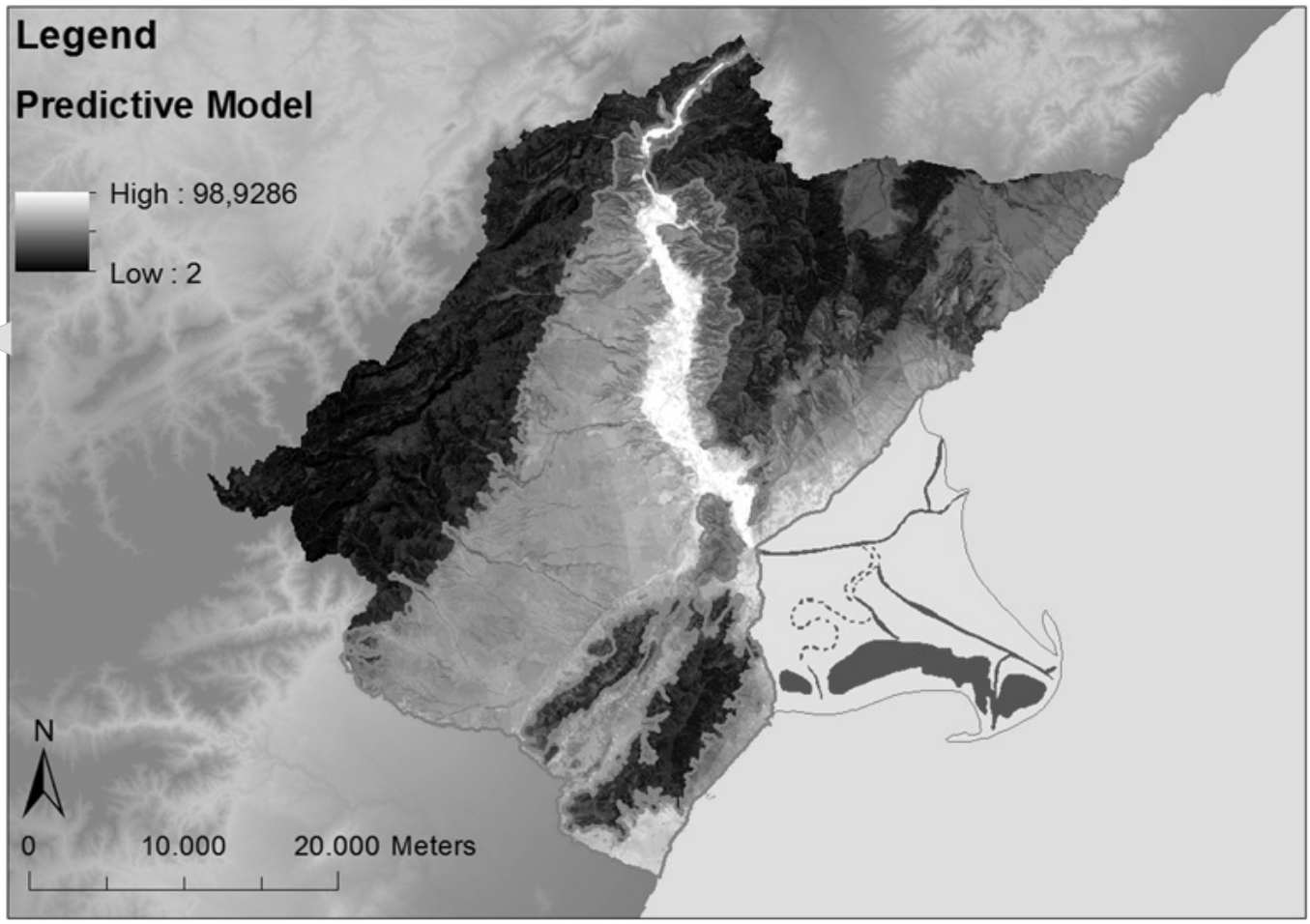


FIGURA 3. MODELO PREDICTIVO COMBINADO QUE PRESENTA LA CAPACIDAD PROBABILÍSTICA PARA CADA CELDA DE HABER SOSTENIDO EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ARTICULACIÓN SOCIAL DEL ESPACIO EN EL ÁREA DEL CURSO INFERIOR DEL RÍO EBRO DURANTE EL PERÍODO ISLÁMICO (NEGRE 2014).

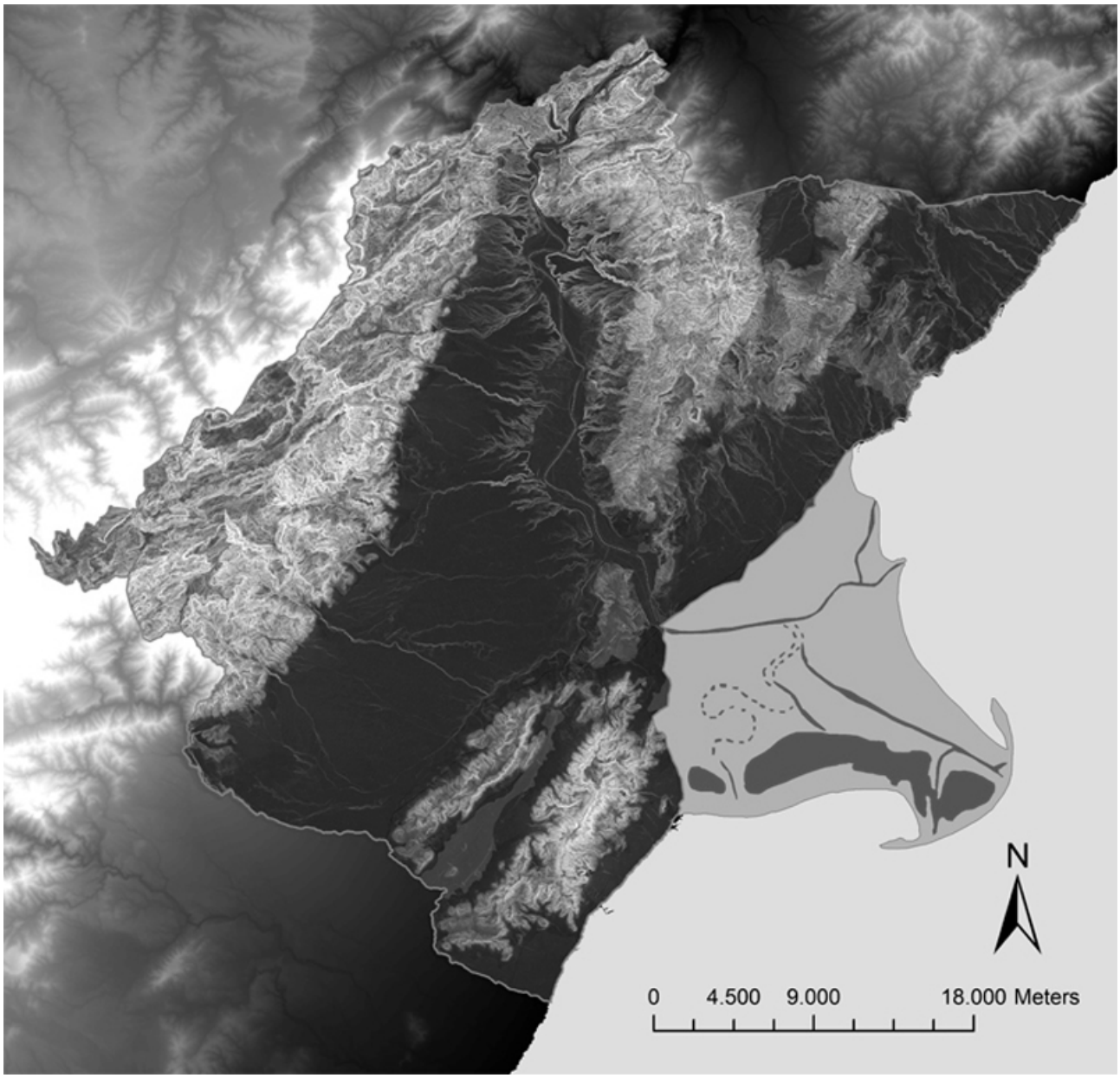


FIGURA 4. MODELO DE COSTES DE DESPLAZAMIENTO O DE FRICCIÓN EN EL CURSO INFERIOR DEL RÍO EBRO DURANTE EL PERÍODO ISLÁMICO (NEGRE 2013).

Etnografía

ESTUDIO ESPACIAL DE LOS EDIFICIOS RELIGIOSOS EN LA BÉTICA: EL CASO DE *CARTIMA* (CÁRTAMA, MÁLAGA)

SPACE STUDY OF RELIGIOUS BUILDINGS IN THE BETICA REGION: THE CASE OF *CARTIMA* (CÁRTAMA, MÁLAGA)

Mª José Berlanga Palomo[1]

Francisco Melero García[2]

Resumen/abstract:

El objetivo principal de nuestro trabajo es definir los espacios, en este caso, de uso religioso y su funcionalidad para una mejor interpretación de los mismos en el marco de la *civitas* romana de la Bética, con especial referencia a *Cartima* (Málaga), contando para ello con la documentación historiográfica, epigráfica y/o arqueológica como fuentes principales.

The main objective of our work is to define spaces of religious use and its functionality for a better interpretation of the data in the context of the Roman *civitas* of *Baetica*, with special reference to *Cartima* (Malaga). Our main sources for this research are with the historiographical, epigraphic and / or archaeological documentation available.

Palabras clave: *Aedes*, foro, epigrafía, *Cartima*.

Keywords: *Aedes*, fórum, epigraphy, *Cartima*.

INTRODUCCIÓN

Para definir e interpretar los espacios de uso religioso en el marco de la *civitas* romana hay que tener en cuenta que el estatuto del espacio en Roma estaba reglado por normas jurídico-religiosas estrictas y en el territorio urbano se delimitan los espacios del hombre y los espacios de los dioses. Por norma general, el ámbito de desarrollo de la vida religiosa es la *civitas*, donde conviven hombres y dioses pero sin mezclar los espacios, que será la clave de la armonía. Pero al mismo tiempo, la religiosidad tiene carácter comunitario y político y no puede separarse de la vida política. Toda actividad política debe estar refrendada por la divinidad a través del culto, y de ahí la necesidad de compartir el espacio público con los humanos a través de los *loca sacra,* la vivienda de los dioses en la ciudad. El lugar elegido para los mismos será, fundamentalmente, el foro, centro de la vida política y religiosa (González 2008: 37-38).

Otra cuestión es definir qué entendemos por espacio religioso, sólo los edificios u otras manifestaciones de religiosidad. Tal es el caso del ara o altar (*ara, altaria, foculus*) que es el lugar de las ofrendas sacrificiales, el lugar donde se celebra el culto, en la mayoría de los casos, en el exterior o al aire libre. Tenemos conocimiento de su presencia tanto a través de la epigrafía como de los restos materiales (Champeaux 2011: 157-168).

Para llevar a cabo nuestro estudio debemos partir de una premisa: se pueden definir modelos espaciales en las ciudades romanas. Bien conocida y estudiada es la influencia que ejerció la propia *Urbs* en las capitales del Imperio desde el punto de vista de las modas arquitectónicas y decorativas (Nogales y Rodá 2001).

Contamos con fuentes diversas para la reconstrucción de este paisaje, como son los propios restos constructivos, en los casos en los que se han conservado, los textos de las *lex municipalis*, que aclaran algunos datos en aspectos como autorización, edificación, conservación y protección o dedicación y las fuentes epigráficas. Fundamental para nuestro objetivo es analizar los datos que aporta la epigrafía, junto a las fuentes literarias, en relación con la terminología empleada a la hora de definir mejor el edificio. Es decir, nos puede ayudar a denominar correctamente aquellos edificios conservados en función de sus características arquitectónicas y espaciales.

Los romanos utilizaban un lenguaje aparentemente preciso para los edificios religiosos pero, en realidad, dependía en cierta manera de las modas y el contexto en el que fuese empleado. No obstante, podemos establecer determinadas características para cada una de las definiciones (Castagnoli 1984: 3-20; Dubourdieu-Scheid 2000: 59-80; Stambaugh

[1] Universidad de Málaga, Área de Arqueología, Campus Teatinos, s/n 21007, 952134131, mberlanga@uma.es
[2] Aratispi Patrimonio S.L., C/ Pastores, nº 31, 29200 - Antequera (Málaga), fmelerogarcia@gmail.com

1978: 554-608). Así**,** *templum* designa bien un edificio consagrado a la divinidad, bien un espacio delimitado por ciertos ritos, mientras que *aedes* es la casa de la divinidad, el edificio en el cual habita. Sin embargo, como también los *aedes* son construidos en general con este ritual, también son *templa*. De ahí que podamos encontrar un mismo edificio nominado indiferentemente con uno u otro término. En algunos casos, el *templum* es el gran área delimitada por pórticos y *aedes* el edificio incluido en ella, creando un aislamiento con la topografía circundante que permite construcciones de gran prestigio donde la conexión con los precedentes helenísticos es obvia. Si *aedes* es *domus* en general, *aedicula* es una pequeña casa. En el campo religioso puede tener dos significados: capilla, similar a la cella del templo, como mucho cerrada por puertas (*valvae*) y que puede estar en el entorno de un *aedes* o templo, pero también pueden ser los nichos en el templo en el cual se deposita el *signum* de la divinidad. El término *fanum* es escaso en los textos epigráficos pero aparece como sinónimo de *aedes*, al igual que *delubrum* o *sacellum,* con más fortuna aquél en las provincias que en Roma y para los cultos orientales.

Las inscripciones de Roma, Italia, Galia y África romana confirman esta jerarquía de empleo y esta mayor o menor presencia coincide con lo aportado también por las fuentes literarias de época imperial. Objeto de un estudio más amplio es comprobar si realmente se trata de realidades diferentes o no.

Por otro lado, para el mundo provincial romano, y en concreto, para los territorios béticos en época imperial, contamos con abundante información epigráfica que nos ayuda a saber cuáles son las normas que regulan el funcionamiento de estos *loca sacra*, tal y como aparecen definidos en las leyes municipales y, por tanto, instituciones también reconocidas y reguladas por el Estado. Esta información abarca aspectos tan amplios como autorización, dedicación, edificación, conservación y protección, en los que intervienen tanto el *ordo decurional* como los magistrados competentes (González 2008: 40-43).

ALGUNOS EJEMPLOS EPIGRÁFICOS DE ESPACIOS RELIGOSOS CERCANOS A CARTIMA

Oppidum Ignotum (Alameda, Málaga).

IVSSV DOMINA[E] / ISIDI BVLSAE / C(aius). LICINIVS. FLA / VINVS. FONTEM / [ET AE?]DEM. D(edit)

CIL II² 5, 912

Ara de piedra arenisca amarillenta de cantera local labrada sobre un bloque paralelepípedo. Apareció hacia 1960 de modo fortuito en el Cerro Escalante, a 1 km. del casco urbano de Alameda. Por el tipo de letra se fecha en el tercer cuarto del siglo I o primera mitad del II d. C. (Beltrán y Atencia 1996: 171-196).

Lacipo (Casares, Málaga).

DIVO. AUGVSTO / Q(uintus) FABIVS.Q(uinti). F(ilius). VARVS. PONTIF(ex) / V.VIR. CRYPTAM [ET] HYPAETRVM. D(e). S(ua). P(ecunia). D(onavit). DEDICAVIT

La ciudad ofrece un espectacular recinto amurallado y en su interior restos de varios edificios públicos. De aquí procede una inscripción honoraria que apareció fragmentada en tres pedazos, pero ninguna de las facturas afectó gravemente a la inscripción, durante la campaña de excavación de septiembre-octubre de 1975 dirigidas por R. Puertas Tricas, pasando a formar parte de los fondos del Museo Arqueológico de Málaga.

Cabe destacar la aparición del cargo de V.VIR, pues no encontramos otra referencia a este cargo en *Hispania*, siendo más usual en los municipios itálicos. El principal problema que plantea la lectura de esta inscripción es referente al edificio o edificios que dedica *Q. FabiusVarus*. Según Puertas, *hypaethrum* (nótese que en nuestra inscripción falta la h, quizá por error del lapicida), hace referencia (Vitrubio V, IX, 9) a *ambulationes* al aire libre que deben existir detrás de edificios como templos y teatros, lo que se contradice con el término *crypta,* espacio cubierto y subterráneo. Una inscripción de *Abdera* (CIL II 1979) hace referencia a una dedicación de una *basilicam cum hipaethro,* debiendo entenderse este término, en ambos casos, como unos espacios al aire libre en el sentido dado por Vitrubio. Por lo tanto, nuestro dedicante costeó dos edificios, una *cripta* y un *hypaetrum,* para lo que habría que aceptar la omisión del lapicida de la conjunción et entre ambos términos. Esta hipótesis también es defendida por C. Castillo, basándose en otro pasaje de Vitrubio (VI, 7, 5) donde se documenta *hypaethrus* como un adjetivo que define un espacio a cubierto destinado a ejercicios atléticos en invierno. Ètienne vincula estos edificios a un posible santuario de culto imperial. Debe fecharse en la primera mitad del siglo I d. C., tanto por los caracteres paleográficos, como por la misma dedicación a Augusto (Puertas 1979: 99-104; Puertas y Rodríguez Oliva 1980: 23-27; Serrano y Atencia 1981: 15-16, n. 8; Castillo 1993: 89; Beltrán y Loza 2003: 129-131; Etienne 1981: 135-142; Oria y Mora 1991-1992: 117 n. 8, 126).

Nescania (Valle de Abdalajís, Málaga).

IOVEM. PANTHEVM. AVG(ustum). / CVM. AEDE. ET. TETRASTYLO. SOLO [P]VB(lico) / L(ucius). CALPVRNIVS. GALLIO. ET. C(aius). MARIVS / CLEMENS. NESCANIENSES. CV / RATORES. IVVENVM. LAVRENSIVM. / D(ederunt). D(edicaverunt). K(alendis). IVLIS. P(ublio). SEPTVMIO. APRO / M(arco). SEDATIO. (vac. 6?) SEVERIANO. CO(n)S(ulibus).

CIL II^2 5, 840

Nescania fue Municipio Flavio, cuyos abundantes restos arqueológicos se ubican bajo el pueblo actual. De la ciudad antigua se conoce una de sus *domus* o, quizá, villa suburbana, unos restos de hallazgo reciente que han sido identificados como unas termas y algunas de sus necrópolis. De aquí procede un pedestal de mármol rojizo del Torcal conocido desde el siglo XVIII y que actualmente se conserva en el Museo Histórico Municipal del Valle de Abdalajís.

Da la impresión que el lapicida empezó a inscribir TER por TETR en TETRASTYLO, lo que le obligó a rectificar y añadir ET ante esa palabra. En cualquier caso, se trata de un mismo conjunto, templo con pórtico tetrástilo, dedicado a *Jupiter Pantheo*. La inscripción es una dedicación puramente religiosa por parte de los *curatores* del *collegium* de los *iuvenes Laurensium* (Álora?). Por eso parece preferible restituir *d(ederunt) d(edicaverunt)* en l. 6 en lugar de *d(ecurionum) d(ecreto),* según D'Ors, quien llamaba precisamente la atención sobre esa intervención de los decuriones. La fecha consular sitúa la inscripción en el 1 de julio del 153 d. C., año en que fueron cónsules *suffecti M. Sedatio Severiano y P. Septumio Apro* (Melero 1997/98: 143-161; D'Ors 1953: 389; Oria y Mora 1991/92: 117-118 cf. 129; Ètienne 1958: 340; Mangas 1991: 274-275).

Vlisi (Archidona, Málaga).

TEMPLVM. HERCULIS / QVOT. L(ucius). VIBIVS. FETIALIS / REI.P(ublicae). OSQVENS(i) PROMISERAT / RECE[P]TIS. A. RE. P(ublica). [SESTERTIVM] ~~VI~~. MIL(ibus) / L(ucius). VIBIVS. FETIALIS. NEPOS. / EIVS. FECIT. ET. CVM. SIGNO / HERCVLIS. D(edicavit).

CIL II^2 5, 718

De aquí procede un pedestal de piedra caliza gris rosada de las canteras del Torcal. Apareció en 1971 en el Cortijo de La Camila al realizar labores agrícolas, trasladándose a los almacenes del Ayuntamiento de Archidona y, posteriormente, al Instituto de Bachillerato de esa localidad "Luis Barahona de Soto". Por sus caracteres externos puede datarse en el siglo II d. C. Plantea el problema de la localización de la ciudad romana de *Osqua*, tradicionalmente situada en Villanueva de la Concepción (Antequera, Málaga), en el lugar conocido como Cerro del León. Por eso, Canto hacía proceder, erróneamente, la pieza de allí. Pastor y Concha creen concluyente su hallazgo en La Camila para situar Osqua en sus inmediaciones lo que, al menos de momento, no nos parece definitivo, pues nada se opone a que *L. Vibius Fetialis* hiciera una promesa estipulatoria en aquella ciudad referida a una donación en un templo ubicado en el territorio de otra, no muy distante (Canto 1974: 229; Pastor 1987: 249-254, Atencia y Beltrán 1988: 135; Concha 1994: 243).

Malaca (Málaga).

IOVI / M(arcus). LUCRETIVS / CYRVS / EX. VISV. VO / TVM. SOLVIT / ITEMQ(ue). TEMPL(um) / D(onum). D(edit)

CIL II 1965

Inscripción conocida desde muy antiguo. La dedicación *ex visus,* que indica una revelación a través de los sueños, es el único testimonio conocido de la Bética. Además, de los cinco conocidos en la epigrafía peninsular, ninguno se relaciona con Júpiter. Cronología incierta (Solin 1982, I, 229-230; Oria y Mora 1991/1992: 119, n. 17; 132-133; Delgado 1993: 355; Andreu 2000: 119).

LOS ESPACIOS RELIGIOSOS DE LA CIUDAD DE *CARTIMA*

Para definir exactamente a qué se refieren las fuentes epigráficas hay que tener en cuenta otros factores como el propio conocimiento arqueológico del edificio. Centrándonos en el análisis espacial y estudio de su ubicación podremos establecer parámetros o principios generales que determinen su localización formando parte de un colectivo urbano. Esto nos permitirá, por un lado, conocer aún mejor el funcionamiento de estas sociedades, fundamentalmente en sus manifestaciones religiosas y, por otro, comprender la presencia de las diferentes tipologías de *aedes* y su significado.

Partiendo de una propuesta teórica concreta definida a partir de la Arqueología del Paisaje, abordamos el análisis del espacio religioso a nivel de *civitas* como herramienta básica para alcanzar una definición de modelos o patrones de organización espacial que fundamenten una interpretación sociológica de las formaciones socioculturales de la Bética romana.

Por un lado, tenemos un riquísimo material epigráfico alusivo a este tipo de edificios que, desafortunadamente, no siempre cuenta con la evidencia arqueológica a la que se refieren. Por otro, contamos en la Bética con una importante documentación arqueológica de carácter religioso a la que no podemos asociar ningún documento epigráfico. Sin embargo, los casos en los que sí contamos con esta doble y valiosa información se convierten en una fuente de estudio imprescindible para comprender y matizar la terminología arriba referida y poder aplicarla a aquellos "espacios anónimos".

Quizá el ejemplo mejor documentado sea la ciudad de *Munigua*, municipio flavio, de donde procede una doble inscripción que señala la dedicatoria de *L. Valerius Firmus* de un templo, foro, pórtico, exedra y *tabularium*, edificios que se han identificado en las excavaciones del foro Hauschild 1992: 133-143; Gimeno 2003: 177 ss.). Tanto en este modelo urbanístico como en otros conocidos en la Bética, se repite un modelo constructivo extendido por todo el imperio, a saber, templo encuadrado en un recinto porticado y, al mismo tiempo, puede ser un excelente modelo para la reconstrucción de un urbanismo aterrazado, como es el caso de la ciudad de *Cartima* (Málaga).

En el caso de *Cartima*, el resultado de las excavaciones realizadas a mediados del siglo XVIII fue el hallazgo de un edificio de planta rectangular, interpretado como los restos de un posible templo, decorado con otras tantas esculturas sedentes femeninas, faltas de cabezas, manos y pies, de tamaño monumental y en mármol blanco que se conocieron con el nombre de "matronas sedentes", así como varias columnas que, al parecer, formaban parte de unos pórticos, conservándose una de ellas, que hoy está sirviendo de humilladero (Rodríguez Oliva 1981:41-46).

Los estudios que se vienen realizando en los últimos años en la ciudad romana de *Cartima* permiten realizar una primera aproximación en la distribución de sus espacios, los cuales se encuentran bajo el actual casco urbano. Así, lo documentado, tanto en las excavaciones realizadas en los siglos XVIII y XIX, como en las que se vienen llevando a cabo en la cercana Plaza de la Constitución (Berlanga y Melero 2009: 167-190), nos indican la presencia del foro en este espacio; en tanto que la aparición desde 1858 de hasta cuatro mosaicos en las viviendas de alrededor de esta zona, arrojan luz sobre la existencia del conjunto de *domus* que circundaban el foro.

El desarrollo urbano de época romana se produce sobre la anterior ciudad de época iberopúnica, constituyendo una completa renovación en la que se construyen nuevos espacios aterrazados, pero corrigiendo las mayores pendientes existentes de la planta anterior. La ciudad romana se extenderá sobre una plataforma natural dispuesta a los pies del promontorio que conforma el Cerro de la Virgen, que se rodeará en época medieval por las murallas de una fortaleza.

Para la interpretación del foro, aunque quedan muchos aspectos por resolver, podemos realizar una somera aproximación. Es de suma importancia para ello el plano, aún inédito, que se conserva en el Instituto de Historia y Cultura Militar de Madrid (en adelante, plano A) (Fig. 1), ya que en él se reproduce todo el entorno urbano de la actual Plaza del Pilar Alto que, con escasas modificaciones, se conserva igual hasta la actualidad.

Sin contar con la ampliación que de las excavaciones iniciales se hizo en los años treinta del siglo XIX, en las que volvieron a aparecer nuevos restos arqueológicos (Berlanga y Melero 2009: 170-172; Rodríguez Oliva y Baena 2012, 165-219), en este plano se aprecia como en la realizada a mediados del siglo XVIII se excavó en torno a dos terceras partes de la plaza actual, obteniendo una documentación en extensión que consideramos determinante a la hora de interpretar este espacio urbano.

De este modo, en el plano se reproduce una terraza, en cuyo frontal aparecen tres escalinatas no equidistantes. Por simetría, debemos sospechar que las gradas serían cuatro, pudiendo faltar por la ausencia de su excavación la situada al este. Sobre esta terraza se advierte un conjunto de estructuras, quizá alguna de época tardoantigua[3].

La más llamativa de estas estructuras es la *cella* que aparece en el lado occidental, alineada perfectamente con dos de las escalinatas de la terraza, y que nos representa claramente un templo. Además de ser la única estructura completa que aparece en el dibujo, algunos detalles nos permiten relacionarla con la reproducción del ya conocido templo de las matronas sedentes en el plano conservado en el *Diccionario Geográfico* de Medina Conde (Fig. 2; en adelante, plano B); tal es la propia disposición en "U" de su interior, o la presencia de columnas y capiteles en su interior.

[3] Es el caso del largo muro que recorre el sondeo a levante, y que aparentemente delimita una de las gradas, pero que en realidad pudiera discurrir sobre parte de ésta y ser posterior, lo cual no sería nada extraño dada la superposición de estructuras de época tardoantigua documentadas en las excavaciones recientes.

En cuanto a las excavaciones recientes, en 2005 se descubrió un edificio absidal del que hasta el momento se ha documentado parte de la fachada y de la cabecera (Fig 3). Posee algo más de treinta metros de longitud y una anchura interior de nueve metros. La cabecera se dispone en tribuna sobre la estancia principal y a ella se accede a través de una escalera de cuatro peldaños (Fig. 4). Los pavimentos, tanto el de la estancia como el de la tribuna, estaban acabados con placas de mármol, al igual que los zócalos y parte de las paredes. Además, dicho zócalo se remataba con una cornisa moldurada inversa[4].

Al norte del edificio absidal de *Cartima* se localizaron los cimientos de otras construcciones, cuyo nivel de suelo se encontraba en una terraza inferior (Fig. 5). Aunque muy difícil de interpretar en cuanto a su funcionalidad son los de un edificio rectangular, una estructura circular (Fig. 6), quizás un *aedicula*, y algunos pilares que podrían vincularse con espacios porticados[5].

Los hallazgos también nos informan sobre el aspecto de las fachadas de algunos de los edificios del foro, las cuales presentaban pilastras labradas en los mismos sillares de travertino que las componían, y eran rematadas por capiteles corintios de mármol blanco de Mijas, piezas que nos encontramos reaprovechadas en los nuevos muros que se levantaron en época tardoantigua (Fig. 7).

Los datos de que disponemos sobre el foro de *Cartima*, aún escasos, nos indican que este se ubicó en el lugar más predominante de la ciudad, al pie del promontorio del Cerro de la Virgen que se levanta a su espalda. Dicho espacio se organizó en terrazas, de las que tenemos al menos constancia de tres. La superior habría de presidir la plaza del foro, dato que nos aporta lo representado sobre las excavaciones del siglo XVIII (plano A), donde también se observa que el templo conocido no se ubica en el centro axial de la terraza, sino en uno de los lados, en tanto que dicha zona central no fue excavada al estar ocupada por el pilar o fuente que da hoy nombre a la plaza actual[6], lo que plantea la posibilidad de que en el centro y en el otro lateral se ubicaran otros dos a modo de capitolio[7].

Lo que sí queda claro es la ubicación de estos espacios sagrados en un lugar predominante sobre la disposición de otros edificios que, como el absidal, debió tener funciones civiles, pudiéndose tratar de la basílica, dado que su longitud se encuentra en torno a los treinta metros, a diferencia de los templos que documentamos en *Baelo Claudia, Singilia Barba* o la propia *Cartima*, en los que la *cella* no suele superar los diez.

En cuanto al templo en sí, que aparece en esta terraza superior, tanto el plano A como el B cuentan con similitudes, pero también con netas diferencias que no alcanzamos a resolver. Con respecto a la planta, ambos planos coinciden en la presencia de un pedestal central adosado al fondo de la *cella*, así como una entrada lateral en el lado oeste y la existencia de columnas en el acceso principal. Sin embargo, difieren en cuanto a la representación de la distribución de la planta de la *cella*, el acceso, ya que el plano B reproduce una grada corrida donde debería encontrarse el muro y la puerta existentes en el plano A. Finalmente, otros elementos aparecen solo en el plano B, como es el caso de la presencia de tres pedestales de basa de columna**,** que hay que situar en el *frontis* del templo, así como algunos motivos decorativos como los frisos que portarían las paredes de la *cella*, los que, a diferencia de los del edificio absidal de *Cartima* y el situado frente a los templos en el de *Singilia*, aparecen decorados con motivos vegetales, y no solo moldurados. Aun con estas diferencias, la ausencia en el plano general de otras construcciones completas indicaría que la planta del de detalle no podría ser más que la misma. Es significativa la ubicación de las tres matronas sedentes, de la cuales, la mayor debió posar sobre el pedestal que presenta el templo, en tanto que las otras dos menores lo harían a los lados (Figs.1 y 8).

Como hemos anunciado, por debajo de esta terraza se configuró otra "terraza media", relacionada casi con toda seguridad con la plaza central del foro. El ancho este-oeste parece quedar resuelto según la simetría que presenta la terraza superior, albergando más dudas sobre la extensión sur-norte. Lo que sí parece quedar claro es que el edificio absidal presenta su

[4] El edificio, con las reservas que suponen los estudios parciales, encuentra varias similitudes con el que se sitúa al norte del foro de la ciudad de *Singilia Barba* (Antequera, Málaga) (Serrano y otros 1991: 269-279). De ella se ha excavado su foro y algunos de sus edificios públicos conociéndose parte de la cavea de su teatro y varias de sus casas dando como resultado un trazado ortogonal y en ladera a través de escalonamientos, en los que se sucede desde abajo el circo, teatro y foro. La zona que puede corresponder con el foro se presenta como una plataforma alargada con orientación aproximada este-oeste pavimentada con grandes losas irregulares de caliza. En principio, ambos edificios se sitúan en una terraza más baja que aquella donde se han identificado los templos. En segundo lugar, ambas orientaciones son transversales a los de aquellos, aunque la semejanza más evidente es el acabado interior de los dos edificios, con zócalos a media altura rematados por las mismas cornisas molduradas y paredes revestidas de mármol, al menos hasta 1,50 m de altura.

[5] Una alusión a estos espacios porticados podríamos encontrar en la inscripción CIL II 1956, según la cual IVNIA. D(ecimi). F(ilia). RVSTICA. SACERDOS / PERPETVÂ. ET. PRIMA. IN. MVNICIPIO. CARTIMITAN[O] / PORTICVS. PVBLIC(as). VETVSTATE. CORRVPTAS. REFECIT […]

[6] En relación con este manantial, debemos resaltar su existencia desde antiguo, llegándose a construir la principal torre de la fortaleza medieval con el fin de ocupar su captación. Del mismo modo, una fuente pudo existir también durante época romana en el espacio central del frontal de la terraza que presidía el foro, según podemos ver en el plano A; lo que guardaría similitud con la fuente monumental que encontramos en el mismo lugar en la terraza que preside el foro de *Baelo Claudia*, aunque los espacios centrales a los que nos referimos sean angular en *Cartima* y en segmento de círculo en *Baelo* (Sillières 1997: 86). La relación de estas fuentes con los espacios sagrados del foro puede ser una línea futura de estudio.

[7] El modelo sigue un patrón conocido en otras ciudades romanas como la propia *Baelo*, donde sobre esta terraza se levantó un capitolio con tres templos (Sillières 1997: 87-96).

fachada menor hacia la plaza y la prolongación del foro al norte, frente que va descendiendo en nuevas terrazas. Por último, quedaría por resolver la disposición exacta de los pórticos que aparecen citados en el epígrafe de *Iunia Rustica* ya referido (véase nota 5), en el plano A y en las noticias transmitidas de las excavaciones del siglo XVIII.

En cuanto a la cronología, la aparición de *sigillata* itálica no antes de los primeros pavimentos de argamasa que se asocian a la fase altoimperial, indica que la construcción del foro se inicia en época julioclaudia, si bien habrá de contar con varias reformas o reedificaciones. Una de ellas data de época vespasiana, cronología propuesta tradicionalmente para el epígrafe de *Iunia Rustica*, quien restauró los pórticos y construyó los baños (Etienne 1974: 240). Otra habría de producirse en el siglo II, momento en el cual se colocaron en su templo las esculturas de las matronas sedentes, cuyos rasgos remiten a este momento (Rodríguez Oliva 1979: 140). En cuanto al abandono del foro, la *sigillata* africana de la segunda mitad del siglo II hallada en la cubierta desplomada del edificio absidal indica un ocaso a finales de esta centuria o, más probablemente, durante la primera mitad del siglo III.

BIBLIOGRAFÍA

ANDREU PINTADO, J. 2000. El comportamiento munificente de las élites hsipano-romanas en materia religiosa: la construcción de templos por iniciativa privada en *Hispania. Iberia* 3: 111-128.

BELTRÁN FORTES, J. y ATENCIA PÁEZ, R. 1996. Nuevos aspectos del culto isíaco en la Bética. *Spal: Revista de prehistoria y arqueología de la Universidad de Sevilla*, 5: 171-196.

BELTRÁN FORTES, J. y LOZA AZUAGA, M. L. 2003. *El mármol de Mijas. Explotación, comercio y uso en época antigua,* Mijas.

BERLANGA PALOMO, M. J. y MELERO GARCÍA, F. 2009. Cartima a través de las fuentes arqueológicas y epigráficas. *Andalucía romana y visigoda. Ordenación y vertebración del territorio*, Hispania Antigua. Serie Histórica, 5, «L`ERMA» di BRETSCHNEIDER: 167-190.

CANTO, A. M. 1974. Inscripciones inéditas andaluzas I. *Habis* 5: 221-235.

CASTAGNOLI, F. 1984. El tempio romano: questioni di terminologia e tipología. *Papers of the British School at Rome* LII: 3-20.

CASTILLO GARCÍA, C. 1993. Los pontífices en la Bética. J. GÓMEZ PALLARÉS - M. MAYER (coords.) *Religio Deorum: Actas del coloquio internacional de epigrafía "Culto y sociedad en Occidente"* (Tarragona 1988): 83-94.

CHAMPEAUX, J. 2011. Les lieux de culte a Rome: ara, templum, aedes. *Espace et temps en latin*, C. Moussy (ed.): 157-168.

CONCHA ROMERO, B. de la. 1996. Sobre la localización de Osqua. *Actas del II Congreso Andaluz de Estudios Clásicos.* Málaga: 243-246.

DELGADO DELGADO, J. A. 1993. El culto a Júpiter, Juno y Minerva entre las élites béticas durante el alto Imperio Romano. *Gerión* 11: 337-363.

DUBOURDIEU, A., SCHEID, J. 2000. Lieux de culte, lieux sacrés: les usages de la lengua. *Collection de L'Ecole Française de Rome*. Vol. 273: 59-80.

ETIENNE, R. 1974. *Le culte impérial dans la peninsule iberique d'Auguste a Dioclétien*. París.

GIMENO PASCUAL, H. 2003. La sociedad de Munigua a través de sus inscripciones. *Epigrafía y sociedad en Hispania durante el Alto Imperio: estructuras y relaciones sociales.* Actas de la mesa redonda organizada por la Casa de Velázquez, el Centro CIL II de la Universidad de Alcalá y L'Année épigraphique, Madrid-Alcalá de Henares: 177-192.

GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, Mª CRUZ. 2008. La epigrafía de los espacios sagrados.

HAUSCHILD, TH. 1992. Los templos romanos de Munigua (Sevilla). *Cuadernos de arquitectura romana* I: 133-143.

IGLESIAS GIL, J. M. (ed.): *Cursos sobre el Patrimonio Histórico XII,* Santander: 43-46. Instituto de Historia y Cultura Militar 1750-1790: *Plano de los paraxes que en el lugar de Cártama se han allado las estatuas y otras antigüedades"*, Signatura: 3035-AL-M-1/25, Madrid.

MANGAS, J. 1991. Pantheus en Hispania. *La Bética en su problemática histórica,* Granada: 111-131.

MEDINA CONDE, C. 1772. *Suplemento al Diccionario Geográphico del Obispado de Málaga*. Archivo Histórico Municipal de Málaga.

MELERO GARCÍA, F. 1997/98. Nescania, una aproximación a su ubicación. *Mainake* 19/20: 143-161.

NOGALES, T. y RODÁ, I. 2011. *Roma y las provincias: modelo y difusión*. Roma. 2 vols.

ORIA SEGURA, M. y MORA DE LOS REYES, M. 1991/1992. La arquitectura religiosa de la Bética a través de la epigrafía. *Anas* 4/5: 115-135.

PASTOR MUÑOZ, M. 1988. Vestigios arqueológicos de época romana en "La Camila" (Archidona, Málaga). *Actas del II Congreso Andaluz de Estudios Clásicos.* Málaga: 247-255.

PUERTAS TRICAS R. y RODRÍGUEZ OLIVA, P. 1980. Estudios sobre la ciudad romana de Lacipo (Casares, Málaga). *Studia Archaeologica* 64.

PUERTAS TRICAS, R. 1979. Nuevo epígrafe monumental de Lacipo. *Mainake* 1. 99-104.

RODRÍGUEZ OLIVA, P. 1979. Esculturas del conventus de Gades - III: las matronas sedentes de Cártama (Málaga). *Baetica. Estudios de Arte, Geografía e Historia*. 2-I. 131-146.

RODRÍGUEZ OLIVA, P. 1981. Investigaciones arqueológicas del Marqués de Valdeflores en Cártama (1751-1752). *Jábega* 31: 41-46.

RODRÍGUEZ OLIVA, P. y BAENA DEL ALCÁZAR, L.2012. Excavaciones arqueológicas en Cártama durante los años 1833 y 1834. *Baetica. Estudios de Arte, Geografía e Historia* 34:165-219.

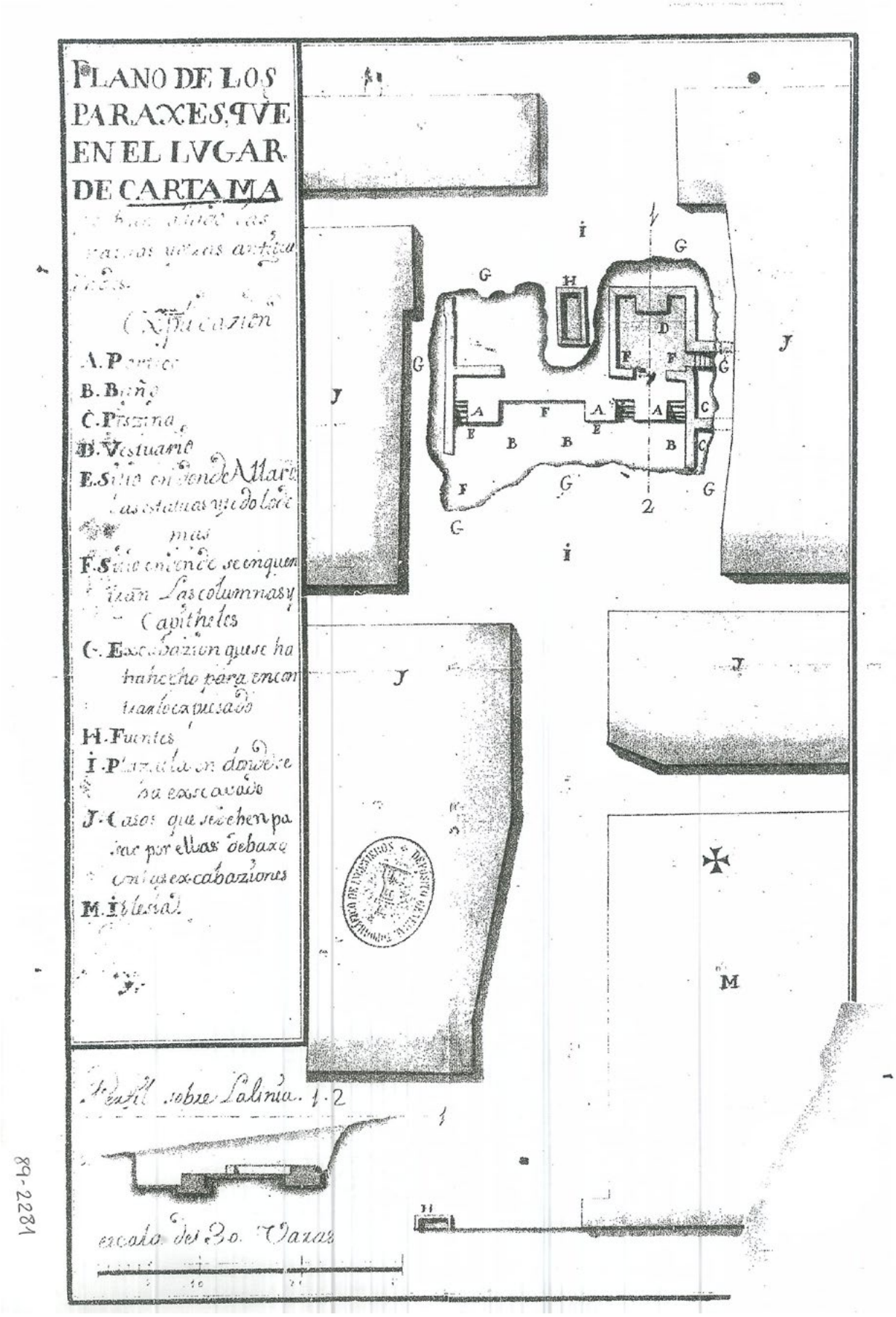
SERRANO RAMOS, E. y ATENCIA PÁEZ, R. 1981. *Inscripciones latinas del Museo de Málaga,* Madrid.

SERRANO RAMOS, E. y otros. 1991. Informe de las excavaciones arqueológicas realizadas en la ciudad romana de "Singilia Barba" (Antequera) en la campaña de 1989", *AAA* 1989 II. Sevilla: 269-279.

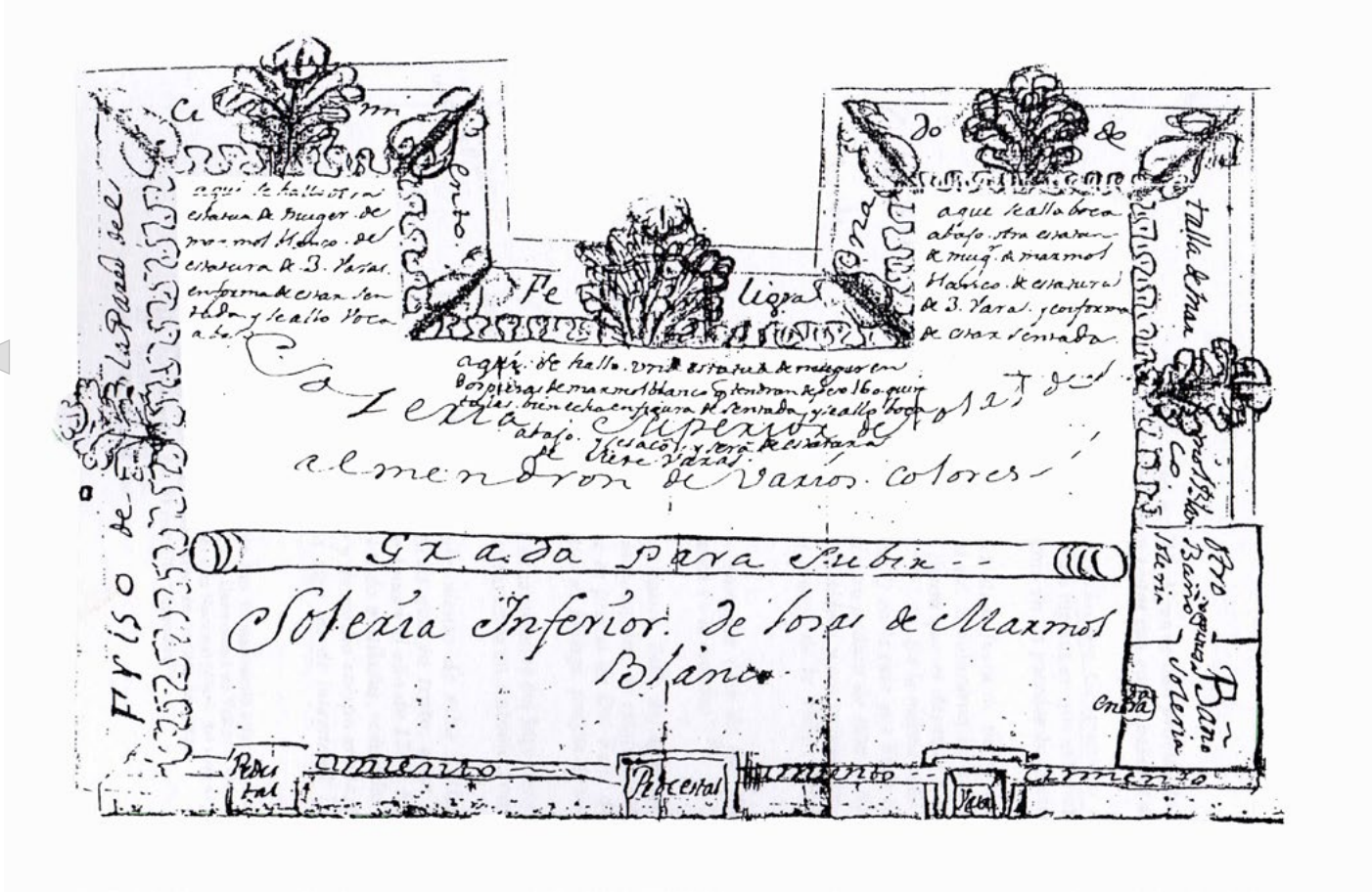
SILLIÈRES, P. 1997. *Baelo Claudia. Una ciudad romana de la Bética.* Collection de la Casa de Velázquez 61. Madrid.

SOLIN, H. 1982. *Die griechischen Personnennamen in Rom. Ein Namenbuch,* Berlín-New York.

STAMBAUGH. J. E. 1978. The functions of Roman Temples. *ANRW* II, 16.1: 554-608.



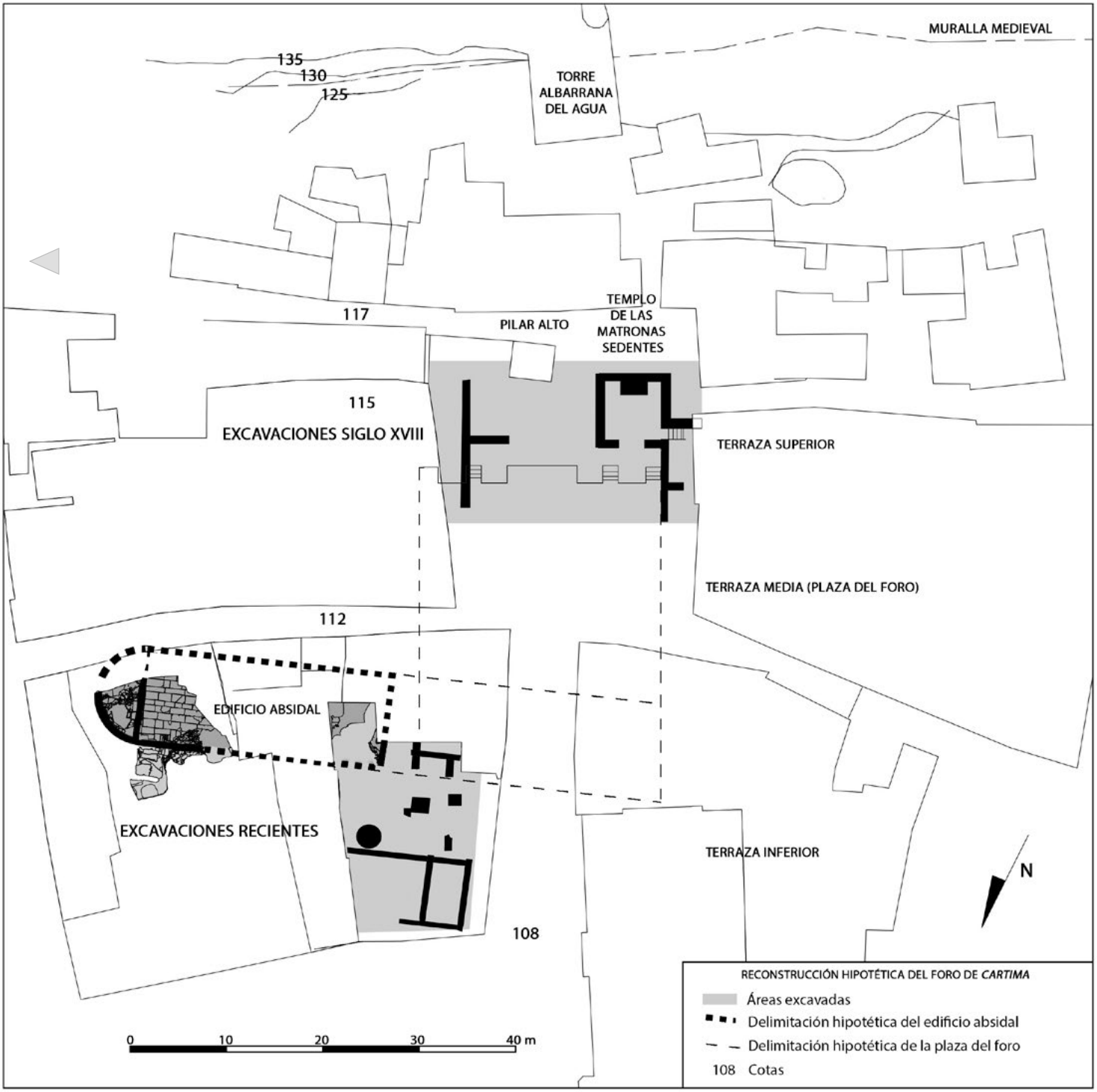
PLANO DE LAS EXCAVACIONES DEL SIGLO XVIII.



TEMPLO DE LAS MATRONAS SEDENTES REPRESENTADO EN EL SIGLO XVIII.

Cabecera del edificio absidal documentado en 2005.

DETALLE DE LA ESCALERA DE ACCESO A LA TRIBUNA DEL EDIFICIO ABSIDAL.



HIPÓTESIS SOBRE EL FORO DE *CARTIMA* A PARTIR DE LOS DATOS ACTUALES.

Cimiento altoimperial de planta circular, posible *aedicula*.

Capitel corintio de pilastra reaprovechado en muros tardoantiguos.

CONJUNTO ESCULTÓRICO DE LAS MATRONAS SEDENTES.

APROXIMACIÓN A LA POTENCIALIDAD PRODUCTIVA DE SAL POR EVAPORACIÓN SOLAR EN EL SISTEMA IBÉRICO DURANTE LA EDAD DEL HIERRO: PROPUESTA PARA LA MODELIZACIÓN DE POTENCIALIDADES PRODUCTIVAS

Jonathan Terán Manrique*

Universidad de Zaragoza

Resumen

Pese al papel fundamental de la sal común en las sociedades preindustriales, el conocimiento que en la actualidad se dispone acerca de su producción en la península ibérica es deficitario. La tendencia historiográfica dominante presupone una producción mediante evaporación solar durante la Edad del Hierro. El presente trabajo propone una serie de cartografías de potencialidad productiva de una zona de gran tradición salinera, el Sistema Ibérico. La potencialidad productiva se ha obtenido a partir del cálculo de las variables influyentes en el proceso productivo –geología, insolación, régimen de precipitaciones, temperatura y altitud– que presentan salinas tradicionales, del cómputo de los valores de las variables para la Edad del Hierro a partir de los datos paleoclimáticos disponibles y finalmente, la elaboración de un modelo multicriterio que ha permitido valorar la potencialidad productiva de sal por evaporación solar. El análisis de las cartografías resultantes ha mostrado diferencias considerables en la potencialidad productiva del área de estudio debidas a las variaciones en las condiciones climáticas.

Palabras Clave: producción sal, Edad del Hierro, Sistema Ibérico, evaporación solar, análisis multicriterio.

Abstract

Despite the essential role of common salt in preindustrial societies, our knowledge about its production on the Iberian Peninsula is currently deficient. The dominant historiographical tendency presumes solar evaporation production during the Iron Age. This paper puts forward a series of cartographies on productivity potential in an area of great salt-mining tradition: the Iberian System The productivity potential has been obtained based on the multi-criteria analysis and calculations of several variables that influence the production process –geology, insolation, precipitation index, temperature and altitude– during the Iron Age. The analysis of cartographies has shown considerable differences in the productivity potential of the area of study due to differences in climatological conditions.

Key Words: salt production, Iron Age, Iberian System, solar evaporation, multi-criteria decision analysis.

*Becario de investigación F.P.U. del Ministerio de Educación. Dpto. de Ciencias de la Antigüedad, Universidad de Zaragoza. Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades, Teruel. jteran@unizar.es Este trabajo se desarrolla dentro del proyecto I+D: HAR2012-36549 (Segeda y la Serranía Celtibérica: de la Investigación Interdisciplinar al Desarrollo de un Territorio), financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y los fondos FEDER.

1. Introducción

El cloruro sódico o sal común se compone de la reacción de un metal inestable, el sodio, y un gas venenoso, el cloro. Sorprendentemente, el resultado es un mineral conocido como halita que los seres vivos no sólo pueden tolerar, sino que necesitan para su supervivencia.

Numerosos son los usos que los seres humanos han dado a la sal pero el primero y más importante de todos es su consumo. No en vano, el cloruro sódico es indispensable para el desarrollo de actividades vitales como el crecimiento o la reproducción y el buen funcionamiento de las funciones motrices, ya que el sodio permite la transmisión de los impulsos nerviosos y la absorción de nutrientes, especialmente la glucosa. Al igual que las personas, los animales también necesitan consumir sal. Esto es bien conocido por los ganaderos y pastores quienes facilitan el acceso de los herbívoros a los salegares.

El uso de la sal para la conservación de alimentos, tareas de esquileo, curtido de pieles, metalurgia, alfarería o incluso la medicina está bien documentado desde la Antigüedad por lo que no resulta osado afirmar que la sal ha sido un producto imprescindible en las sociedades preindustriales provocando que su obtención haya sido llevada a cabo siguiendo diversas técnicas en gran medida dependientes del estado natural en el que el cloruro sódico se presente pero también de las condiciones climatológicas, topográficas y de factores socio-culturales.

1.1. La producción de sal durante la Edad del Hierro peninsular: estado de la cuestión

El estudio de la sal presenta el problema de su invisibilidad en el registro. El hecho de que sea un bien de consumo y su naturaleza altamente soluble no ha ayudado a que los investigadores tuvieran en cuenta este recurso en sus interpretaciones. Todo ello ha provocado que la información disponible sobre la sal ibérica sea todavía hoy en día escasa.

La Edad del Hierro, es un periodo clave en esta problemática ya que se trata de un momento de especial intensificación de la producción salinera en todo el marco europeo (Terán 2011). Esta intensificación contrasta con el acusado vacío de conocimiento sobre este periodo en la península ibérica. Apenas contamos con algunos testimonios de autores clásicos que informan sobre la existencia de sal en la península: Columela (6, 17, 7), Paladio (XIV, 3; XIV, 9), San Isidoro (16, 2, 3) Sidonio Apolinar (IX, 11), Plinio (*NH*, XXXI, 80); o sobre las famosas salazones del círculo del Estrecho: Estrabón (III, 1, 8; III, 4, 3), Plinio (*NH*, XXXI, 94). La información arqueológica disponible es muy escasa. Apenas el hallazgo de varias alineaciones de ánforas púnicas y romanas formando estructuras de contención en las marismas de Camposoto y Los Cargaderos, en San Fernando, Cádiz, que podrían ser indicativas de una producción de sal por insolación (Alonso *et al.* 2003). Aún menor es el conocimiento para las zonas de interior. Incluso en zonas como el Sistema Ibérico en las que el recurso salino se presenta en abundancia, la información disponible es deficitaria (Terán 2011).

1.2. La extracción de sal por insolación

El estado en el que con más frecuencia encontramos cloruro sódico en la naturaleza es diluido en agua, bien sea agua marina o agua continental, por lo que el aprovechamiento de la sal a lo largo de la Historia se ha basado principalmente en procesos de lixiviación (Weller 2010). Atendiendo a la naturaleza de la fuente de la energía calorífica podemos distinguir entre dos métodos fundamentales: la ignición y la insolación. La primera se basa en la exposición del agua salada a calor artificial mientras que en la segunda, el calor es proporcionado por el sol.

La insolación es el método más extendido en la actualidad –aunque sus orígenes se remontan al menos a época protohistórica (Terán 2011)– en gran medida por su gran rentabilidad dada la gratuidad de la fuente de calor. Sin embargo, los mismos motivos que la hacen altamente rentable la hacen al mismo tiempo dependientes y es que para poder producir sal de este modo es preciso que se den una serie de condicionantes climáticos que en el Mediterráneo se circunscriben al periodo estival –junio-septiembre.

Es condición absolutamente *sine qua non* para la efectividad de la evaporación solar la abundancia de horas de sol. Sólo de esta forma, el agua salada estancada puede concentrarse hasta los 330g/l, momento en el que comienza a cristalizar el cloruro sódico. Para facilitar el proceso de concentración trata de primarse la superficie en detrimento de la profundidad. Así, estas piletas o eras no son muy profundas y sí extensas de forma que sufran mayor insolación.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se extiende por una superficie total de 63.957,41 km^2 circunscrita *grosso modo* al Sistema Ibérico, cordillera formada por una serie de entidades montañosas entre las que destacan la Sierra de la Demanda (2.262 m), los Picos de Urbión (2.228 m), la S^a Cebollera (2.142 m) y la S^a de Moncayo (2.314 m) en la zona noroccidental; la S^a de Gúdar-Maestrazgo (2.020 m), la S^a de Javalambre (2.019 m) y la S^a de Albarracín (1.856 m) en el sector suroeste. Aunque dentro del dominio del Sistema Central, el área de estudio incluye la S^a de Ayllón (2.272 m), puente entre el Sistema Ibérico y el Sistema Central (Figura 1).

La estratigrafía de la unidad geológica Cordillera Ibérica incluye materiales que abarcan desde el Precámbrico hasta el Cuaternario. En la secuencia destaca la serie sedimentaria del Pérnico Superior y del Mesozoico. Sobre el basamento prepérnico existe un tegumento cuyo límite son las margas yesíferas del Triásico Superior (facies Keuper) y finalmente una cobertera con el resto de materiales mesozoicos (Guimera, 1988). Son los afloramientos del Triásico superior y en concreto, de la facies Keuper los que centrarán nuestra atención pues presentan sales acompañadas de margas y yesos que son susceptibles de explotación y por tanto, lugares potenciales de extracción de cloruro sódico, bien sea en estado sólido, halita o sal gema, o bien diluido en agua.

3. metodología

La realización de una cartografía de potencialidad productiva se ha efectuado mediante la creación de un modelo multicriterio a partir de los valores que ofrecen salinas tradicionales para las variables contempladas puesto que en la actualidad no existe ningún estudio que cuantifique las variables influyentes en la producción salina por insolación.

3.1. Localización de las explotaciones salineras

La realización de un fichero con la localización de las salinas conocidas se ha llevado a cabo mediante la consulta de la bibliografía existente (Arroyo 1961; Carrasco y Hueso 2006; 2008; Mata 2006; Mata *et al.* 2010; Melendo 2010; Rubio 1997; Polo inédito; Trallero *et al.* 2003), la toma de coordenadas en campo y la ayuda de visores cartográficos.

De las 75 explotaciones salineras de las que se tienen noticias se ha podido conocer con garantías las coordenadas de 33 (Tabla 2). Otras 18 cuentan con coordenadas dudosas y no se conoce el emplazamiento de 25. En el presente estudio sólo se han incluido las salinas con localización exacta.

3.2. Integración de variables

3.2.1. Variables topográficas: Modelo Digital de Elevaciones

La obtención del MDE del área de estudio se realizó a partir de los datos ofrecidos por la NASA provenientes del *Shuttle Radar Topograghy Mission* (SRTM) que cuentan con una resolución de 90x90 metros.

3.2.2. Variable geológica

Para la obtención de la información geológica del área de estudio se descargaron los *shapefiles* correspondientes a las hojas MAGNA a escala 1:50000 a través del geoportal SIGECO.

Se ha considerado como variable excluyente, es decir, se han aislado las zonas susceptibles de contener cloruro sódico seleccionando las entidades correspondientes al Triásico Superior, sistema y serie en la que se encuadra la facies Keuper[1].

Además de las superficies donde el Triásico Superior aflora, es preciso tener en cuenta que en el área de estudio existen varios cursos de agua salada que no están representados en los ficheros geológicos anteriores. Por lo que se realizó una búsqueda de cursos de agua salada mediante el estudio de la toponimia obteniendo en primer lugar, la hidrología del área de estudio mediante la descarga de los *shapefiles* de hidrología de las confederaciones del Ebro, Duero, Tajo, Guadiana y Júcar para posteriormente seleccionar las entidades cuyo topónimo pudiera ser indicativo de salinidad (salado, salobre, salido, amargo, etc.). Para minimizar el riesgo de obviar cursos fluviales de escasa entidad pero con posibilidades productivas se consultó la base toponímica del Nomenclátor Geográfico Conciso de España del Centro Nacional de Información Geográfica editando en caso necesario. Una vez depurados los resultados y finalizada la edición, las selecciones de cada *shapefile* de cuenca hidrográfica fueron exportadas a *shapefile* y finalmente unidas. Como en el caso de las superficies en las que aflora el Triásico Superior, al *shapefile* de cursos salados se le aplicó un *buffer* de 100 metros a cada lado tras comprobar que la mayor distancia entre un curso de agua salado y un establecimiento salinero era menor a esta distancia. Por último, se incluyeron los humedales salados situados en el área de estudio aplicándoles de nuevo un *buffer* de 100 metros. Éste último *shapefile* se unió a los correspondientes a cursos de agua salados y afloramientos geológicos obteniéndose un único *shapefile* que englobara la totalidad de las zonas susceptibles de contener cloruro sódico que fue convertido a formato ráster de 90 metros de tamaño de celda en consonancia con el MDE. Se seleccionó un tipo de asignación de celda máxima y se le aplicó una máscara con los límites del área de estudio con el objeto de obtener un ráster cuya extensión fuera exactamente el área de estudio. Los píxeles con valor 1 representan zonas geológicamente susceptibles de contener sal mientras que el resto de las zonas del área de estudio presentan valor *No Data*.

3.2.3. Variables climatológicas

Temperaturas y precipitaciones medias estivales actuales

El mapa de temperaturas se ha obtenido a partir de los datos del Banco Nacional de Datos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) situados dentro de un área de 20 km del área de estudio dentro del periodo comprendido entre 1961 y 1990 para las temperaturas y entre 1971 y 2000 para las precipitaciones. Los periodos tomados se relacionan con las series tomadas por las publicaciones de Ibáñez (1999) y Espinar y Voltás (2009) como referencia actual. Se han depurado los datos eliminando los meses con más de 3 días sin dato y aquellos observatorios que no ofrecían datos para al menos 20 años. El promedio se ha realizado tomando los datos relativos a los meses de junio, julio, agosto y septiembre por ser los meses en los que se desarrolla tradicionalmente la actividad propiamente productiva en el interior peninsular. Un total de 79 observatorios para temperaturas y 373 observatorios para precipitaciones entraron en el proceso de interpolación espacial.

[1] La proyección del fichero de salinas mostró que, pese a ser poco habitual, pueden existir salinas que se sitúan sobre niveles de relleno holoceno próximos a los afloramientos triásicos (Salinas de La Olmeda) por lo que se aplicó a la selección un *buffer* de 100 metros de manera que tanto los propios afloramientos como las zonas más próximas participaran en el análisis.

El método de interpolación empleado fue la regresión múltiple con corrección de residuales, técnica ampliamente utilizada en análisis climatológicos y de probada validez (Vicente *et al*. 2003). Se trata de un método mixto que permite combinar la utilización que hacen los métodos globales de interpolación de toda la información disponible sobre la variable a hallar –precipitación y temperatura en este caso– con la exactitud entre el valor real registrado en los observatorios y el valor estimado de los métodos locales como el IDW (*Inverse Distance Weighting*) o el RBF (*Radial Basis Functions*).

Las variables integradas en el análisis de regresión de temperatura y precipitación fueron la altitud (MDE), latitud, longitud, distancia al mar Mediterráneo y distancia al mar Cantábrico. Mediante la utilización del *software* IBM SPSS Statistics 19, se aplicó un análisis de regresión por pasos sucesivos (*stepwise*) que ofreció tres posibles modelos de interpolación para el caso de las temperaturas y cuatro para las precipitaciones. Así, el modelo más conveniente para las temperaturas es aquél que integra como variables predictoras la altitud (MDE), la latitud y la distancia al Cantábrico puesto que explica el 74,6 % de la variabilidad de la temperatura. En cuanto a las precipitaciones, el modelo que incluye la altitud (MDE), la longitud, la latitud y la distancia al Cantábrico presenta un menor coeficiente de error explicando el 58,6% de la variabilidad.

Una vez obtenidos los coeficientes se halló el ráster de regresión para precipitaciones y para temperatura. Posteriormente, se extrajeron los valores de regresión de los puntos donde existen datos medidos de estas variables (observatorios) y con ellos se calcularon los residuales (dato predicho menos observado. Esta columna de residuales se interpoló por el método local de funciones radiales (RBF) hallando así un ráster de errores de temperatura y otro de precipitaciones[2], rásters que fueron restados a los rásters de regresión de temperatura y precipitaciones respectivamente realizando así la corrección por residuales y obteniendo los rásters de temperatura media estival y precipitación media estival actual del área de estudio.

Insolación estival actual

El mapa de insolación se obtuvo mediante la aplicación de los trabajos de Rich *et al.* (1994) y Fu y Rich (2002) sobre métodos de algoritmo de cuenca visual hemisférica que permite calcular la radiación difusa, directa, global (directa más difusa) y la duración de la radiación directa de una superficie para un periodo concreto de tiempo a partir de un MDE[3]. Se optó por la opción varios días al año seleccionando como día de inicio el 152 (día juliano correspondiente al 1 de junio) y como día final el 273 (30 de septiembre) del año 1950 –año en el que todavía estaban en funcionamiento muchas de las salinas de la zona de estudio– y un intervalo de cálculo de 30 días. El intervalo horario escogido para el cálculo del mapa solar fue de 60 minutos. En cuanto al parámetro tamaño de cielo, es decir, la resolución de los rásters necesarios para el cálculo de la radiación (cuenca visual, mapa del cielo y mapa del sol), se optó por la mayor resolución permitida para aumentar la exactitud del cálculo, 100 metros. Respecto a los parámetros topográficos, se designó el cálculo de la pendiente y la orientación en base al MDE *input* y dado que tanto las coordenadas como la altitud estaban expresadas en metros, no fue necesario incluir factor Z. Se configuró un valor 32 de ángulos de horizonte dada la complejidad de la topografía del área de estudio. En cuanto a los parámetros de radiación, se definió un modelo de radiación difusa nublada estándar de manera que el flujo de radiación difusa entrante varía con el ángulo cénit. Dada la ausencia de datos sobre las condiciones atmosféricas concretas, se optó por una proporción de flujo de radiación difusa y una transmitividad estándar para condiciones de cielo generalmente claro, coeficientes 0,3 y 0,5 respectivamente.

El resultado es un ráster por cada intervalo especificado hasta completar el periodo temporal configurado. Los ráster expresan la suma de las radiaciones globales (directa más difusa) en WH/m^2 recibidas en cada intervalo (30 días). Es decir, el valor de un píxel de uno de los rásters resultado, representa la cantidad de radiación difusa y directa recibida por esa superficie del área de estudio (90x90 metros) en 30 días. Se obtuvo por tanto, un ráster para la radiación global del 1 al 30 de junio, del 1 al 30 de julio, del 31 de julio al 29 de agosto, del 30 de agosto al 28 de septiembre y, por último, del 29 al 30 de septiembre. Para hallar la radiación global total estival de la zona de estudio se sumaron estos rásters.

3.3. Variables climatológicas de temperatura, precipitaciones e insolación durante la Edad del Hierro

La modelización de las variables climatológicas de temperatura, precipitaciones e insolación durante la Edad del Hierro resulta esencial para determinar la potencialidad productiva de las diferentes zonas del área de estudio durante los últimos siglos antes del cambio de era. El conocimiento sobre estas variables para estas cronologías es limitado. Si bien contamos con una gran diversidad de fuentes de información entre las que se encuentran la geomorfología, los estudios polínicos, los sondeos isotópicos, la dendrocronología y el crecimiento de estalagmitas, el estado actual del conocimiento tiene un carácter fundamentalmente cualitativo, lo que influye negativamente en la operatividad de cálculo de estas variables.

[2] La interpolación de los residuales de temperaturas se obtuvo con la participación de un máximo de 15 y un mínimo de 10 vecinos obteniéndose un RMSE de 1,02º C. La interpolación de los residuales de precipitaciones se obtuvo con la participación de un máximo de 20 y un mínimo de 15 vecinos obteniéndose un RMSE de 4,08mm.
[3] Se utilizó la función *Area Solar Radiation* implementada en ArcGis 10 que utiliza la constante 1.367 W/m^2, recomendada por el *World Radiation Centre.*

El periodo cronológico que nos ocupa es un momento de cambio desde el punto de vista climático. Siguiendo la periodización de carácter global que Blytt y Sernander establecieron estudiando las capas de las turberas danesas, la Edad del Hierro peninsular se enmarca entre el periodo Subboreal (3000-500 a. C.) y el periodo Subatlántico (500 a. C.-actualidad).

El periodo Subboreal se caracteriza por el predominio de las circulaciones meridianas sobre las zonales, lo que generó un enfriamiento general y una recuperación de las superficies de hielos polares tras el aumento térmico del periodo anterior (periodo Atlántico 5000-3000 a. C.). Se documenta además, la existencia entre 1500/1300 – 800 a. C. de un episodio neoglaciar en Europa y América del Norte favorecido por la explosión volcánica de Santorini (Font 1988; Mayewski *et al.* 2004). La situación de la península ibérica debió favorecer que los cambios en las condiciones climáticas fueran más extremos. Los fenómenos anticiclónicos con marcadas sequías fueron dominantes (excepto en el marco atlántico-cantábrico) debido a la disminución de la actividad borrascosa y de la influencia de las perturbaciones atmosféricas subtropicales (Font 1988) pero esta tendencia cambia en los últimos siglos del periodo, durante el desarrollo de la Edad del Bronce, puesto que aumenta la pluviosidad y desciende la temperatura (Bartolomé *et al.* 2011). Los estudios de geomorfología subrayan acumulaciones y regularizaciones de laderas favorecidas por un desarrollo edáfico y una cobertura vegetal provocada por esta fase húmeda de transición entre el Subboreal y el Subatlántico en la Cordillera Ibérica y el valle del Ebro (Gutiérrez y Peña 1992; Peña *et al*. 2005; 2011; Constante *et al*. 2010).

Centrándonos en la temperatura de nuestra área de estudio, Ibáñez (1999) se apoya en Magny (1995) quien subrayaba la relación inversa entre las oscilaciones climáticas y la variación de contenido de ^{14}C en la atmósfera para ofrecer datos cuantificados sobre la variación de la temperatura durante la Edad del Hierro. Ibáñez mide las variaciones de curva de ^{14}C residual para momentos en los que hay datos observados de temperatura y extrapola las variaciones de la curva de ^{14}C residual correspondientes a la Edad del Hierro para obtener temperaturas estivales estimadas.

Por lo que respecta al régimen de precipitaciones, Espinar y Voltás (2009) se basan en un modelo de inferencia climática que mide la respuesta diferencial frente a la sequía de dos especies: encina (*Quercus ilex* L.) y pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.), y en las muestras arqueológicas obtenidas durante la excavación de El Cabezo de la Cruz (Muela, Zaragoza) para afirmar que las precipitaciones entre el siglo IX y VI a. C. debieron rondar los 700 mm anuales, 300 mm más que las media anual actual. Además, el estudio de isótopos estables en carbones concluye que la mayor divergencia en el régimen de precipitaciones debió darse entre septiembre y diciembre mientras que las precipitaciones alcanzarían los 350 mm entre enero y septiembre, lo que significaría una diferencia en torno al centenar de mm. El mayor número de lluvias invernales y otoñales respecto de las primaverales y estivales para estos momentos también es defendido por Davis (1994; 278) y Gutiérrez y Peña (1992; 119).

El periodo Subatlántico se inicia hacia el 500 a. C. y se caracteriza porque las posiciones latitudinales medias de los cinturones de altas presiones subtropicales y de las depresiones subboreales han fluctuado siempre alrededor de sus posiciones actuales (Font 1988). El clima de la cuenca mediterránea es ligeramente más frío y con mayores precipitaciones invernales que en la actualidad hasta aproximadamente el 100 a.C. cuando comienza el conocido como Episodio Cálido Romano que se extenderá durante 500 años. Para el periodo Subatlántico, Ibáñez llega a diferenciar las variaciones entre la primera y segunda mitad de los siglos V y IV a.C. e indica un arco de variaciones de temperatura entre los siglos III y I a. C. (Tabla 1). Los valores propuestos encajan con los aportados por los estudios de dendrocronología (Büntgen *et al.* 2011).

Conocemos con menor precisión el régimen de precipitaciones del Subatlántico. El registro de El Cabezo de la Cruz no cuenta con niveles correspondientes a los últimos siglos a. C. por lo que no contamos con cifras de precipitaciones estimadas para estos momentos. Los estudios de geomorfología y geoarqueología en el noreste peninsular sugieren que hacia mediados del primer milenio a. C. concluye la fase de acumulación y regularización de laderas que había sido favorecida por el desarrollo de una cobertera vegetal estable como consecuencia de las condiciones húmedas y frescas de finales del Subboreal y comienza una periodo de erosión de laderas y sedimentación en fondos de valle indicativo de condiciones de mayor aridez (Peña *et al.* 2005).

Además de las temperaturas y las precipitaciones, otra variable climatológica de gran influencia en el proceso productivo de sal es la insolación o cantidad de energía radiada por el sol que recibe una zona durante un periodo de tiempo. Se trata de la fuente de calor que permite la evaporación de agua y la consiguiente concentración del cloruro sódico hasta su precipitación.

Se conoce que en el hemisferio norte, tanto la insolación estival como invernal han decrecido en los últimos milenios (Kutzbach y Ruddiman 1993). Esto indica que la cantidad de energía que llegaría en un verano del primer milenio a. C. a una zona del área de estudio y la cantidad de energía que llega en la actualidad, aunque mínimamente, difieren. Según

Berger y Loutre (1991), la radiación solar para el paralelo 30N en junio del año 1000 a. C. sería un 0,867% mayor que la actual y un 0,255% hacia el cambio de era.

A partir de los rásters de variables referidos a la actualidad hallados anteriormente y según los datos disponibles se calcularon los rásters de cada una de las variables para cada momento cronológico concreto según la información disponible (Tabla 1).

El cálculo de la precipitación del periodo Subboreal se basó en un coeficiente (1,4) expresivo de la diferencia entre datos estimados y actuales (350/250mm) ofrecidos por Espinar y Voltás (2009). Para el periodo Subatlántico se optó por un coeficiente intermedio (1,2) entre los datos actuales y los del periodo anterior siguiendo las informaciones cualitativas de Peña *et al.* (2005).

Los rásters de temperatura pudieron hallarse de manera más específica siguiendo los datos de Ibáñez (1999). Se distinguieron los siglos VIII a. C. (▼1,8º C) y VI a. C. (▼0,4º C), la primera mitad del siglo V a. C. (¸º C), la segunda mitad (▼1,2º C), la primera mitad del siglo IV a. C., la segunda mitad (▼1,2º C) y finalmente los siglos III-I a. C. para los que se crearon dos rásters (▼0,6º C y ▼0,3º C).

Para el cálculo de la insolación se optó por incrementar para todo el periodo un 0,557% a los valores de radiación actuales, porcentaje representativo del incremento medio entre el aumento para el 3000 B. P. –0,857– y para el 2000 B. P. –0,255– recogido por Kutzbach y Ruddiman (1993) dado que la relación entre cronología e incremento de radiación no es lineal y que la variación es muy reducida.

3.4. Cartografía de potencialidad productiva de la segunda mitad del siglo XX y E. Hierro

Tras obtener los rásters de geología, pendientes, MDE, radiación global estival y temperaturas y precipitaciones medias estivales del área de estudio se proyectó el *shapefile* de salinas con el objetivo de conocer los valores que las salinas presentan de estas variables (Tabla 2).

Estos valores para las diferentes variables permiten establecer unos umbrales en los que se encuadra la producción de sal por insolación en el área de estudio (Tabla 3). Atendiendo a las características de cada una de las variables se llevó a cabo una reclasificación de los rásters con el objetivo de facilitar la interpretación de los valores y la representación de los mismos. En este sentido, dependiendo de la variable, se asignó un número (1, 2 ó 3) a cada píxel de los diferentes rásters según el valor influya negativa o positivamente en la producción de sal, multiplicando dicho valor por 10.000 en el caso de la variable geológica, por 1.000 la insolación, por 100 la precipitación y por 10 la temperatura para facilitar ulteriores operaciones.

3.4.1. Reclasificación de rásters de variables

Reclasificación ráster de variable geológica

La variable geológica es la más simple y la más influyente de las variables contempladas. Las operaciones anteriormente citadas proporcionaron un ráster del área de estudio en el que las celdas con valor uno representan áreas susceptibles de producción mientras que aquellas celdas del área de estudio con valor *No Data*, indican áreas sin capacidad productiva por la ausencia de materia prima. La reclasificación de esta variable únicamente se basó en dos valores 20.000 para el valor original 1 y 10.000 para valores originales *No Data* (Tabla 4).

Reclasificación ráster de variable de insolación estival

Según los valores que las salinas localizadas presentan de esta variable se reclasificaron los valores del ráster original en tres valores. Por un lado, valores por debajo del valor mínimo documentado –Salinas de la Inesperada, 651027 WH m^2– se reclasificaron con valor 1.000. Por otro lado, a los píxeles con valores superiores al mínimo y menores que la media de los valores de insolación de las salinas localizadas –685262,66 WH m^2– se les adjudicó el valor 2.000. Finalmente, a las celdas con valor superior a la media se les dio un valor de 3.000 (Tabla 4).

Reclasificación ráster de variable de precipitaciones estivales

La lluvia estival es un factor muy perjudicial para el proceso productivo ya que limita la insolación y puede dar al traste con la producción. Por ello, la reclasificación del ráster de precipitación media estival se hizo en función del valor máximo de precipitaciones obtenido que presentan las salinas –Salinas de Valdetablado; 45,81mm. Los píxeles con valores superiores al máximo se reclasificaron con valor 100. Aquéllos con valor inferior al máximo y superior a la media

–35,92 mm– obtuvieron un valor de 200 y por último, dado que las celdas con valores inferiores a la media representan las zonas con menores precipitaciones y mayores posibilidades productivas, se reclasificaron con valor 300 (Tabla 4).

Reclasificación ráster de variable de temperaturas estivales

Temperaturas elevadas favorecen la producción. Por ello, se adjudicó un valor de 10 para los valores inferiores a la mínima registrada para las salinas (Salinas de Griegos; 15,12º C), 20 a los valores superiores a la mínima e inferiores a la media (18,9º C) y 30 para las celdas con valores superiores a la media (Tabla 4).

Reclasificación ráster de variable de altitud (MDE)

La altitud no es un factor determinante pero sí influye en el emplazamiento de las instalaciones productivas puesto que conlleva dificultades tanto en la construcción de las instalaciones como en la distribución del producto. Las salinas del área de estudio situadas a mayor altitud son las Salinas de Griegos situadas a 1.629 m.s.n.m. A las áreas situadas a mayor altitud se les asignó un valor de 1, a aquéllas a menor altitud pero por encima de la media (1.050 m) 2 y finalmente a los píxeles con valor por debajo de la media, 3 (Tabla 4).

3.4.2. Valoración de variables y cartografía final

Tras la labor de reclasificación se sumaron los rásters obteniendo como resultado uno nuevo en el que cada celda posee un valor de 5 dígitos, uno por variable, que varían entre 1 y 3 –1 y 2 en el caso del primer dígito. La posición del dígito es indicativa de la variable y su valor indica que el área representada cumple o no los valores mínimos de esa variable y, si lo cumple, en qué grado –favorablemente; 2 o de manera óptima; 3[w]. Cuanto más alto sea el valor de un píxel, mayor potencialidad productiva tiene el área que representa. El mayor valor posible es 23333 y el menor 11111. Se trata, por tanto, de un ráster que permite hacer una clasificación del área de estudio según zonas más o menos aptas para la producción de sal. Con el objetivo de facilitar la elaboración de la clasificación se extrajeron de nuevo los valores de las salinas localizadas respecto del ráster que integra todas las variables.

La clasificación de potencialidad se ha realizado por intervalos de valores aprovechando que la reclasificación facilita una interpretación rápida de los valores. El límite superior del primer intervalo lo establece el mínimo valor de una salina (Salina de Armillas; 22122). Todos los píxeles que presentan un valor inferior a 22122 son considerados como No Aptos por no presentar garantías de producción. Los píxeles aptos se han clasificado en tres categorías: Probabilidad Baja, valores entre el mínimo y el valor 22332 –favorable en geología, insolación y altitud y óptimo en el resto de variables. Píxeles con valores entre éste y 23232 –geología, precipitaciones y altitud favorables e insolación y temperaturas óptimas– componen la categoría Probabilidad Media-Alta. Lugares con valores superiores al mismo son clasificados como óptimos.

Siguiendo la misma metodología y umbrales de clasificación empleados para la realización de la cartografía de potencialidad relativa a la segunda mitad del siglo XX, se realizaron un total de seis cartografías de potencialidad relativos a la Edad del Hierro comparables entre sí.

4. Resultados

La documentación bibliográfica, la obtención de los datos de partida, su integración en un SIG, la elección de las funciones de análisis pertinentes y el cálculo de las variables influyentes en la producción de sal por evaporación solar han permitido cuantificar los umbrales límite en las condiciones de producción beneficiando su plasmación en una cartografía de potencialidad productiva de sal mediante la evaporación solar en el Sistema Ibérico tanto para la Edad del Hierro como para la segunda mitad del siglo XX (Figuras 2-8). Esta cartografía permite conocer la potencialidad de las diferentes zonas del área de estudio en los diversos momentos cronológicos de la Edad del Hierro para los que existen datos cuantitativos.

De la comparación entre cartografías se extrae que las diferencias entre las superficies totales aptas durante toda la Edad del Hierro es mínima –29,6 km^2. Las temperaturas medias estivales más elevadas y el descenso de las precipitaciones provocaron que la primera mitad de los siglos V y IV a. C. conformaran el periodo de la Edad del Hierro más favorable para la producción (2.264 km^2). Cabe destacar que únicamente la fuerte variación térmica (▼1,8º C) del siglo VIII a. C. marca considerables diferencias entre en el total de área potencialmente productiva del primer milenio a. C. (Tabla 5)

Las variaciones en las precipitaciones estivales de la Edad del Hierro no alcanzan suficiente entidad como para variar significativamente el tamaño del área total potencialmente productivo como denota la comparación entre las estimaciones para el siglo VI a. C. (coeficiente de precipitaciones 1,4 y temperatura ▼0,4º C) y los siglos III-I con variación en la temperatura de 0,3º C (coeficiente de precipitaciones 1,2).

El periodo de mayor dificultad productiva de los estudiados es precisamente aquel sobre el que contamos con más información, y que ofrece menor número de precipitaciones y mayor temperatura media estival, la segunda mitad del siglo XX d.C. Esta contradicción sólo se explica si tenemos en cuenta los menores valores de insolación de estos momentos respecto de los referidos al primer milenio a. C. (Tabla 5).

Si entramos en las diferencias internas dentro de las áreas potencialmente productivas), se observa que pese a ser el periodo con menos superficie apta para la producción, la segunda mitad del siglo XX d.C. es el periodo con mayor superficie con potencial óptimo –570 km^2–. Durante la Edad del Hierro, la primera parte del siglo V y del siglo IV a. C. son los periodos con mayor potencial óptimo. Hay cierto escalón entre las áreas de potencial bajo entre el periodo Subboreal y el Subatlántico. En todos los periodos existe gran divergencia entre la magnitud de las superficies de potencialidad alta y óptima aunque esta diferencia es especialmente acusada en los siglos VIII y VI a.C.

Tras un análisis general de los resultados, es conveniente examinar cómo estos datos se distribuyen espacialmente. Podemos distinguir tres zonas dentro del área de estudio.

Por un lado, contamos con la zona norte que administrativamente se corresponde con La Rioja. Este sector presenta una potencialidad baja con escasa variación a lo largo de la Edad del Hierro. Las condiciones más secas de los últimos siglos del primer milenio a. C. apenas son perceptibles en las zonas más meridionales. Ya en la segunda mitad del siglo XX algunas zonas más septentrionales mejoran hasta alcanzar potencialidad media gracias en buena medida a su menor altitud.

El sector central del área de estudio es el más interesante desde el punto de vista productivo. Se trata de las zonas de contacto entre la provincia de Soria y la de Guadalajara, y las provincias de Zaragoza y Teruel. Es especialmente interesante la parte más occidental. En concreto la zona arraciense de Atienza y Sigüenza. Estos territorios presentan la mayor concentración de salinas localizadas del área de estudio. En un área de 78 km^2 encontramos 10 salinas. La potencialidad media-alta en este sector central predomina sobre la baja durante toda la Edad del Hierro. Es interesante destacar que se observa cierto aumento de la potencialidad óptima. El reducido núcleo con categoría óptima de Atienza y Sigüenza en el siglo VIII a.C. va ampliándose en el siglo VI a.C. y la primera mitad del siglo V a.C. y IV a. C. El hecho de que durante la segunda mitad de los siglos V y IV a.C. haya menor superficie con potencialidad óptima que en la primera mitad de estos siglos es indicativo de la incidencia de la temperatura puesto que presentan regímenes de precipitación similares. Resulta interesante reseñar que en ese área occidental del sector central del área de estudio en el que en el siglo XX abundan las explotaciones salineras, predomina la potencialidad media-alta y está presente la óptima incluso en los momentos en los que las condiciones son menos idóneas como en el siglo VIII a. C.

Por último tenemos el sector meridional del área de estudio integrado *grosso modo* por el noreste de la provincia de Cuenca, el sur de Teruel y los municipios más occidentales de Castellón y Valencia. Se trata de la zona que presenta más heterogeneidad lo que responde a su compleja orografía. Durante los siglos VIII-VI a. C. potencialidad media-alta y baja están equilibradas y los valores óptimos aparecen en algunas áreas suroccidentales. En concreto en los municipios de Víllora, Villar del Humo, Henarejos, Narboneta y Monteagudo de las Salinas. Durante los siglos V-I a. C. la mejora en las condiciones permite un incremento en la presencia de las zonas óptimas en la zona más meridional, en los municipios de Aliaguilla, Landete y Moya en detrimento de las de media-alta potencialidad y un descenso de la potencialidad baja en favor de la media-alta.

En cuanto a la distribución espacial de la potencialidad en el siglo XX hay que destacar el dominio de la potencialidad media-alta y óptima en el sector meridional y sobre todo en el central. Si bien es el momento cronológico en el que menos superficie del área de estudio es apta para la producción de sal por evaporación solar, es el periodo con mayor potencialidad óptimo. Este hecho puede ser indicativo de que la mejora en las condiciones de temperatura y precipitaciones y la disminución de la insolación ha podido provocar una tendencia a extremar la potencialidad productiva, de manera que las superficies con buenas condiciones durante la Edad del Hierro son durante el siglo XX zonas con mayores posibilidades productivas y aquéllos lugares con condiciones no demasiado favorables antes del cambio de era son zonas de baja potencialidad o no aptos durante la segunda mitad del siglo XX.

Un último aspecto que cabe reseñar es el escaso número de salinas localizadas en la parte occidental del sector sur. Algo que resulta extraño a tenor de la superficie clasificada con potencialidad óptima. Por ello, esta zona resulta interesante en cuanto a la localización de salinas recogidas en la bibliografía pero cuyo emplazamiento exacto es en la actualidad desconocido.

5. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

El proceso de análisis y modelado de la realidad geográfica ha permitido descubrir estructuras espaciales, asociaciones y relaciones entre datos. Ejemplo de ello es que el análisis informa de que la mayor concentración de salinas históricas se encuentran en un área de aproximadamente 78 km^2 puesto que reúne las mejores condiciones geológicas, climatológicas y topográficas del área de estudio incluso cuando las condiciones sufren variaciones como las que se estiman para el primer milenio a. C.

Si bien, el presente trabajo representa únicamente la primera fase de un análisis que integre información arqueológica como el poblamiento prehistórico o las líneas de comunicación, los resultados están indicando qué lugares *a priori* deben recibir mayores esfuerzos dentro del proceso de investigación.

Sin embargo, es preciso señalar algunas advertencias en cuanto a la validez del modelo. Los problemas de modelización de variables para un periodo cronológico para el que hay escasez de datos requiere tomar los resultados con cautela. No en vano, como su título indica, este trabajo es una aproximación a la potencialidad productiva.

Resulta imposible modelizar variables como el viento sin datos y difícil concretar con exactitud otras como la altitud para momentos pasados. En el caso de éstas últimas, las imprecisiones que se presuponen de extrapolar un MDE actual del área de estudio, se matizan y en cierto modo minimizan por el menor peso que se ha dado a esta variable en la clasificación de potencialidad final.

No se puede dejar de hacer referencia a la variable geológica, variable de extrema importancia pero que presenta algunas imprecisiones ya que la definición de zonas con geología favorable se ha realizado en base a la cartografía geológica disponible. En concreto 1:50000 de la serie MAGNA que diferencia pisos dentro del Triásico Superior –Carniense y Noriense. Estas edades efectivamente corresponden a la facies Keuper, que como formación evaporítica es profusa en sales pero no menos abundante en otros materiales tales como arcillas, yesos o lutitas. Por ello, hay que tener en cuenta que en áreas consideradas como aptas bajo el criterio geológico no tiene porqué existir necesariamente cloruro sódico.

Por todo ello, los resultados de este análisis deben tomarse *cum grano salis*, especialmente si, como se ha señalado anteriormente, este trabajo representa sólo la base sobre la cual se integrarán otros datos de carácter arqueológico que permitan obtener nuevas conclusiones acerca de la producción de sal durante la Edad del Hierro. En cualquier caso, la validez del análisis será determinada por los avances en la investigación. En especial en los resultados que eventualmente se obtengan en la localización de salinas documentadas cuya ubicación exacta es desconocida.

Bibliografía

Alonso Villalobos, C.; Gracia Prieto, F. J. y Menanteau, L.; (2003): "Las salinas de la Bahía de Cádiz durante la Antigüedad: visión geoarqueológica de un problema histórico" SPAL: Revista de prehistoria y arqueología de la Universidad de Sevilla, nº 12, pp. 317-332.

Arroyo Ilera, R. (1961): "La sal en Aragón y Valencia durante el reinado de Jaime I", Saitabi, XI, pp. 253-262.

Bartolomé, M., Moreno, A., Sancho, C., Hellstrom, J. y Belmonte, A. (2011): "Cambios climáticos cortos en el Pirineo central durante el final del Pleistoceno superior y el Holoceno a partir del registro estalagmítico de la cueva de Seso (Huesca)", *Geogaceta,* 51.

Beltrán Costa, O. (2007): "Las técnicas tradicionales en las salinas de interior". En N. Morère (ed.) Las salinas y la sal de interior en la Historia: Economía, medioambiente y sociedad, Actas del Congreso Internacional de Sigüenza coord. por Nuria Morère Molinero, Vol. 2, pp. 899-923.

Berger, A. y Loutre, M.F. (1991): "Insolation values for the climate of the last 10 million years", Quaternary Science Reviews, 10, pp.297-317

Büntgen, U., Tegel, W., Nicolussi, K., Frank, D., Trouet, V., Kaplan, J.O., Herzig, F., Heussner, K-U., Wanner, H., Luterbacher, J. y Esper, J. (2011). "2500 Years of European Climate Variability and Human Susceptibility." *Science,* 331, pp.578-582.

Carrasco, J-F. y Hueso Kortekaas, K. (2006): "Etnosal, un intento de recuperar la memoria salinera de Castilla-La Mancha", Oppidum, 2, pp. 85- 106.

Carrasco, J-F. y Hueso Kortekaas, K. (2008): "Realización de un censo de las salinas de Castilla – La Mancha", *A articulação do sal portugués aos circuitos mundiais - Antigos e novos consumos*, Porto, pp. 291-298.

Constante Orrios, A., Peña Monné, J. L., Muñoz, A. y Picazo, J. (2010): "Climate and anthropogenic factors affecting alluvial fan development during the late Holocene in the central Ebro Valley, northeast Spain", *Holocene*, 21 (2), pp.275-286.

Davis, B.A.S. (1994): Paleolimnology and Holocene environmental change from endorheic lakes in the Ebro Basin, north-east Spain. Ph. D. Thesis, University of Newcastle upon Tyne.

Espinar, C. y Voltas, J. (2009): "El marco paleoclimático. Aproximación a partir del análisis de isótopos estables en carbones de especies forestales". En *Los poblados del Bronce Final y Primera Edad del Hierro: Cabezo de la Cruz, La Muela, Zaragoza*, eds. Picazo Millán, J. V. y Rodanés Vicente, J. M., Gobierno de Aragón, Departamento de Educación, Cultura y Deporte, Zaragoza, pp. 100-107.

Font Tullot, I. (1988): *Historia del clima de España. Cambios climáticos y sus causas*. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.

Fu, P. y Rich, P.M. (2002): "A Geometric Solar Radiation Model with Applications in Agriculture and Forestry". *Computers and Electronics in Agriculture*, 37, pp.25–35.

Guimera, J. (1988). "Rasgos principales de las estructuras compresivas y distensivas alpinas de los "iberides" orientales", II Congreso Geológico de España, Granada, 2, pp. 149-152.

Gutiérrez, M. y Peña, J.L. (1992): "Evolución climática y geomorfológica del Holoceno Superior (Cordillera Ibérica, Depresión del Ebro y Pre-Pirineo)". En Ciarreta, A. y Ugarte, F.M. (eds.): *Actas The Quaternary in the Western Pyrenean Regions,* U. del País Vasco, pp. 109-124.

Ibáñéz J. (1999): "Evolución de la potencialidad agrotérmica en la Celtiberia durante la Edad de Hierro". En Burillo, F. (coord): *Simposio sobre los celtíberos: Economía*, 4, pp.11-46.

Kutzbach, J.E. y Ruddiman, W.F. (1993): "Model description, external forcing and surface boundary conditions". En H.E. Wright, Jr, J.E. Kutzbach, T. Webb III, W.F. Ruddiman, F.A. Street-Perrott, and P.J. Bartlein, (eds.), *Global Climates since the Last Glacial Maximum* University of Minnesota Press, Minneapolis, MN, pp. 12-23.

Magny, M. (1995): *Une histoire du climat. Des derniers mammouths au siècle de l'automobile*. Errance, Paris.

Mata Perelló, J.M. (2006): "Algunos datos para el conocimiento de las salinas ibéricas de Aragón", en *La explotación histórica de la sal: investigación y puesta en valor, Ciempozuelos,* SEHA, pp. 53-58.

Mata Perelló, J.M., Restrepo Martínez, C. y Vilaltella Farrás, J. (2010): "Las salinas continentales, lagunas saladas y las fuentes saldas de la ibérica de Aragón" en *Primer Congreso Iberoamericano sobre Geología, Minería, Patrimonio y Termalismo (IV simposio ibérico), Ariño, 22-24 octubre,* pp. 163-172.

Mayewsky, P. A., Rohling, E. E., Stager, J. C., Karlén, W., Maasch, K. A., Meeker, L. D., Meyerson, E. A., Gasse, F., Kreveld, S. v., Holmgren, K., Lee-Thorp, J., Rosqvist, G., Rack, F., Staubwasser, M., Schneider, R. R. y Steig, E. J. (2004): "Holocene climate variability", en *Quaternary Research,* 62(3), pp. 243-255.

Melendo Pomareta, J. (2010): "La sal y el Monasterio de Piedra en el Medievo", en *VIII Encuentro de Estudios Bilbilitanos, Calatayud 12-14 de noviembre de 2010, Tomo II*, pp. 75-93.

Monah, D. (2007): "Le sel dans la Prèhistoire de la Roumanie", en N. Morère (ed.) *Las salinas y la sal de interior en la Historia: Economía, medioambiente y sociedad*, Actas del Congreso Internacional de Sigüenza coord. por Nuria Morère Molinero, Vol. 1, pp. 121-164.

Peña Monné, J. L., Julián, A., Chueca, J., Echeverría Arnedo, M. T. y Ángeles, G. R. (2004): "Etapas de evolución holocena en el valle del río Huerva: Geomorfología y Geoarqueología". En Peña Monné, J. L., Longares Aladrén, L. A. y Sánchez Fabre, M. (eds), *Geografía Física de Aragón. Aspectos generales y temáticos*, Universidad de Zaragoza e Institución Fernando el Católico, Zaragoza, pp. 289-302.

Peña Monné, J. L., Sancho Marcén, C., Rubio Fernández, V. y Longares Aladrén, L. A. (2005). "Aportaciones desde la geomorfología y la geoarqueología al conocimiento de los paleoambientes holocenos del NE de España". En *A Geografia ibérica no contexto europeo* (*X Coloquio Ibérico de Geografia, 22-24 de Setembro de 2005 Évora*) U. de Evora, Évora.

Peña Monné, J. L., Pérez Lambán, F., Picazo Millán, J. V. y Fanlo Loras, J. (2011): "Secuencias paleoclimáticas y Geoarqueología en laderas holocenas del Valle del río Huerva (Depresión del Ebro)". En Turu, V. y Constante Orrios, A. (Eds), *El Cuaternario en España y áreas afines. Avances en 2001 (Actas de la XIII Reunión Nacional del Cuaternario, Andorra, 4-7 de julio de 2011)*, AEQUA, M. Chevalier, Colegi de Tècnics en Ciències de la Terra d'Andorra, Andorra, pp.217-219.

Polo Cutando, C. (ed) (inédito): Catálogo plan general de ordenación urbana Villel.

Rich, P. M., Dubayah, R., Hetrick, W. A., y Saving. S. C. (1994): "Using Viewshed Models to Calculate Intercepted Solar Radiation: Aplicaciones en Ecología", *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Technical Papers*, pp. 524–529.

Rich, P. M. y Fu, P. (2000): "Topoclimatic Habitat Models". *Proceedings of the Fourth International Conference on Integrating GIS and Environmental Modeling.*

Rubio Navas J. (1997): *Inventario Nacional de recursos minerales, de cloruro sódico y sales potásicas*, Madrid, ITGME, 455 pp.

Terán Manrique, J. (2011): "La producción de sal en la Prehistoria de la península ibérica: estado de la cuestión". En *Arqueología y Territorio*, 8, pp. 71-84. Disponible en *http://www.ugr.es/~arqueologyterritorio/PDF8/Teran.pdf* (revisado el 12/02/2014)

Trallero Sanz, A., Arroyo San José, J. y Martínez Señor, V. (2003): *Las Salinas de la Comarca de Atienza*, Tierra de Guadalajara, 41, AACHE, Guadalajara, 128 pp.

Vicente Serrano, S.M., Saz, M.A. y Cuadrat, J.M. (2003): "Comparative analysis of interpolation methods in the middle Ebro valley (Spain): application to annual precipitation and temperature", *Climate Research* 24, pp.161–180.

Weller, O. (2010): "Quelques grains de sel dans la Préhistoire européenne". En Abarquero Moras, F. J. y Guerra Doce, E. (eds): *Los yacimientos de Villafáfila (Zamora) en el marco de las explotaciones salineras de la prehistoria europea.* Actas de la VII Bienal de la Restauración y Gestión del Patrimonio, Valladolid, pp. 17-36.

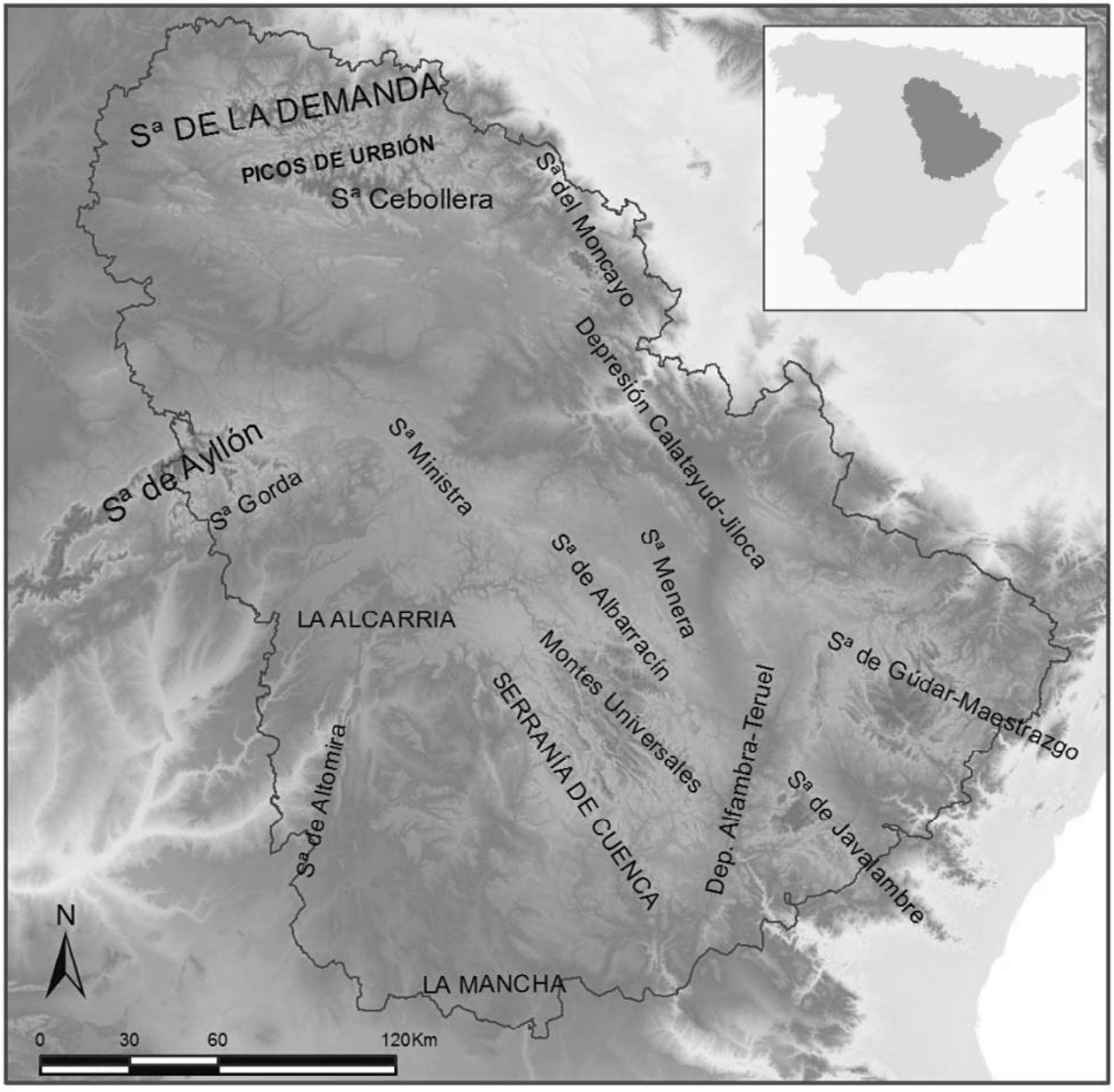


FIG. 1

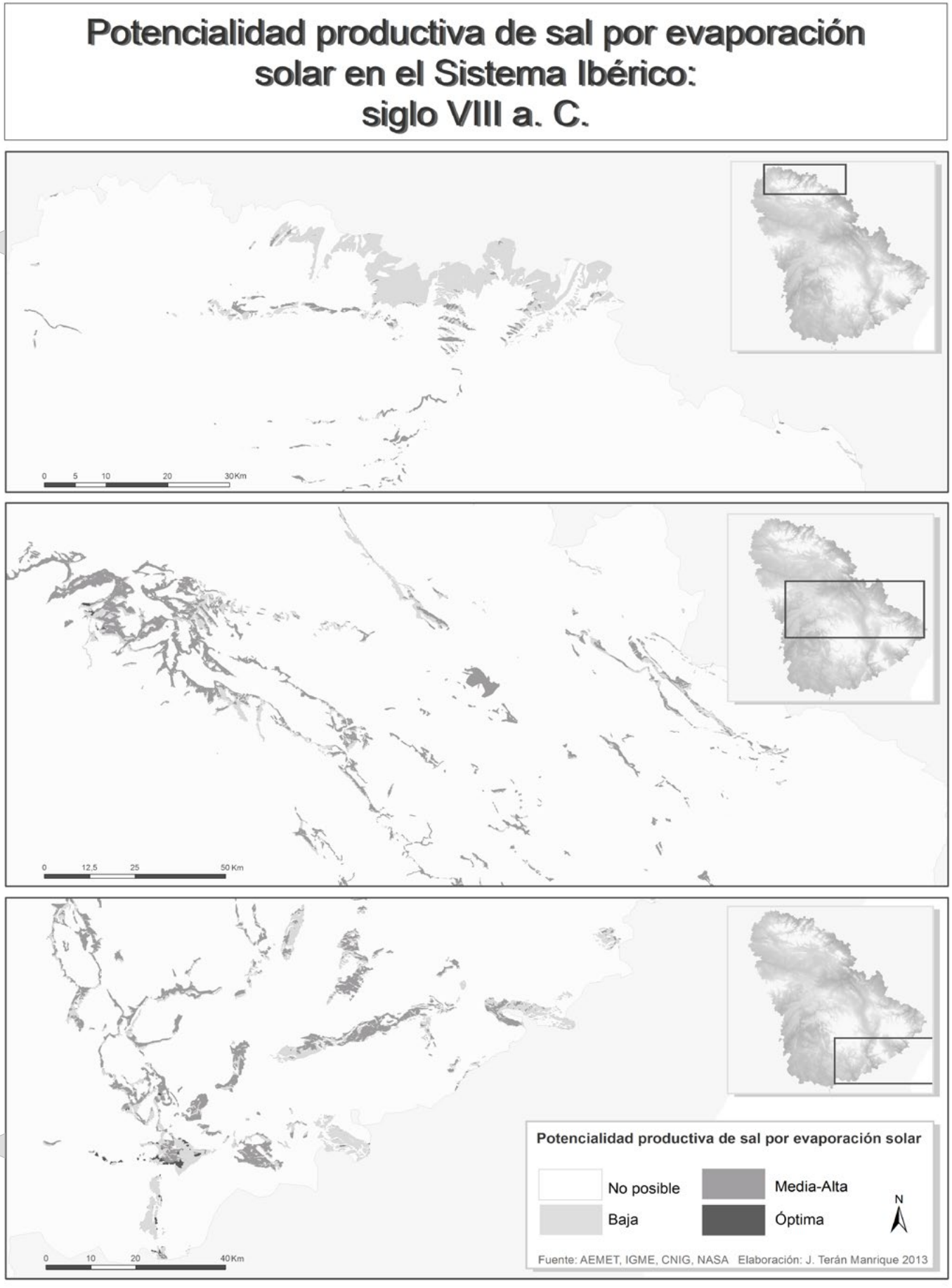

Potencialidad productiva de sal por evaporación solar en el Sistema Ibérico: siglo VIII a. C.
0 5 10 20 30Km
0 12.5 25 50 Km
0 10 20 40Km
Potencialidad productiva de sal por evaporación solar
No posible
Baja
Media-Alta
Óptima
N
Fuente: AEMET, IGME, CNIG, NASA Elaboración: J. Terán Manrique 2013

FIG. 2

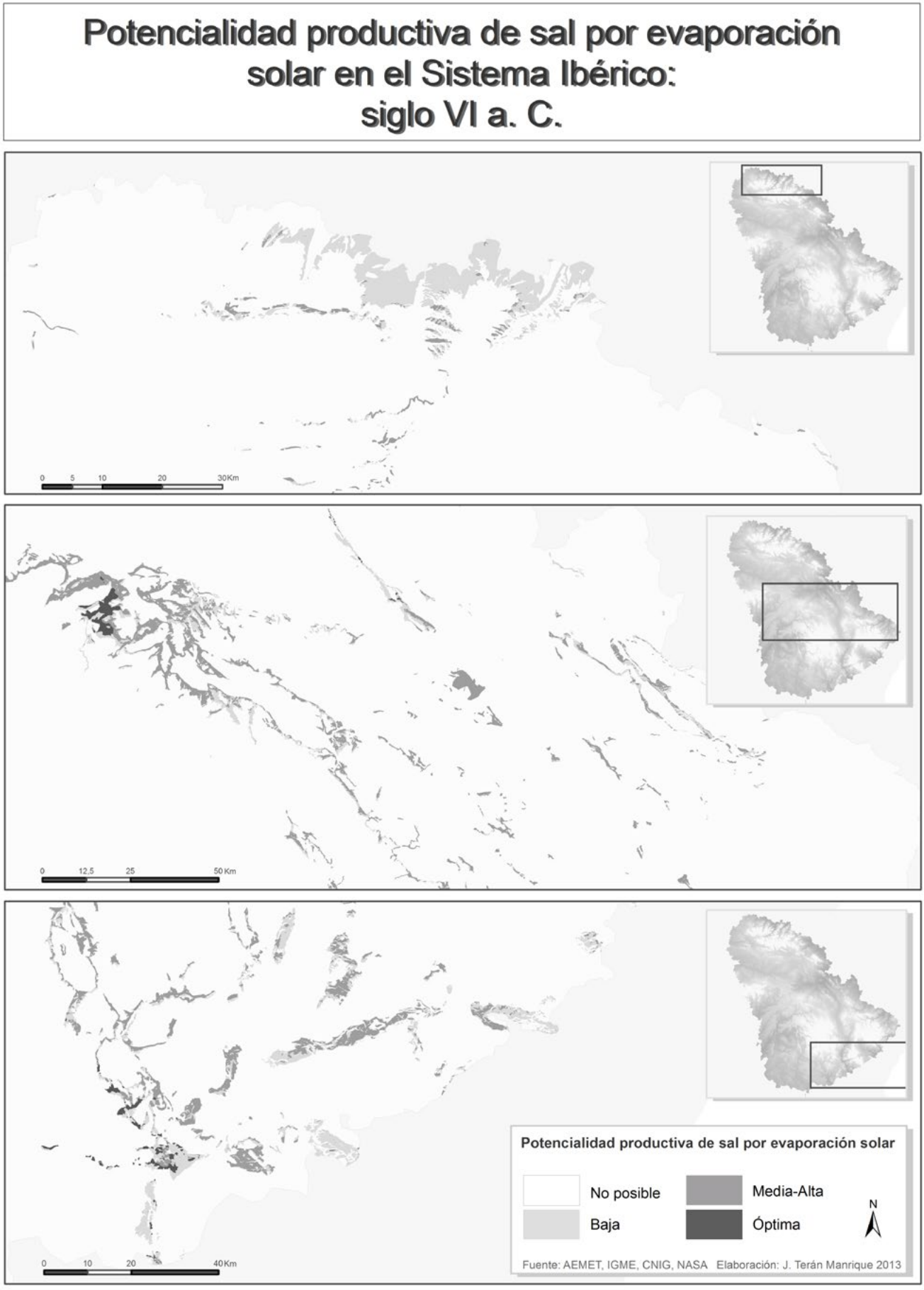

Potencialidad productiva de sal por evaporación solar en el Sistema Ibérico: siglo VI a. C.
0 5 10 20 30Km
0 12.5 25 50 Km
0 10 20 40Km
Potencialidad productiva de sal por evaporación solar
No posible
Baja
Media-Alta
Óptima
N
Fuente: AEMET, IGME, CNIG, NASA Elaboración: J. Terán Manrique 2013

FIG. 3

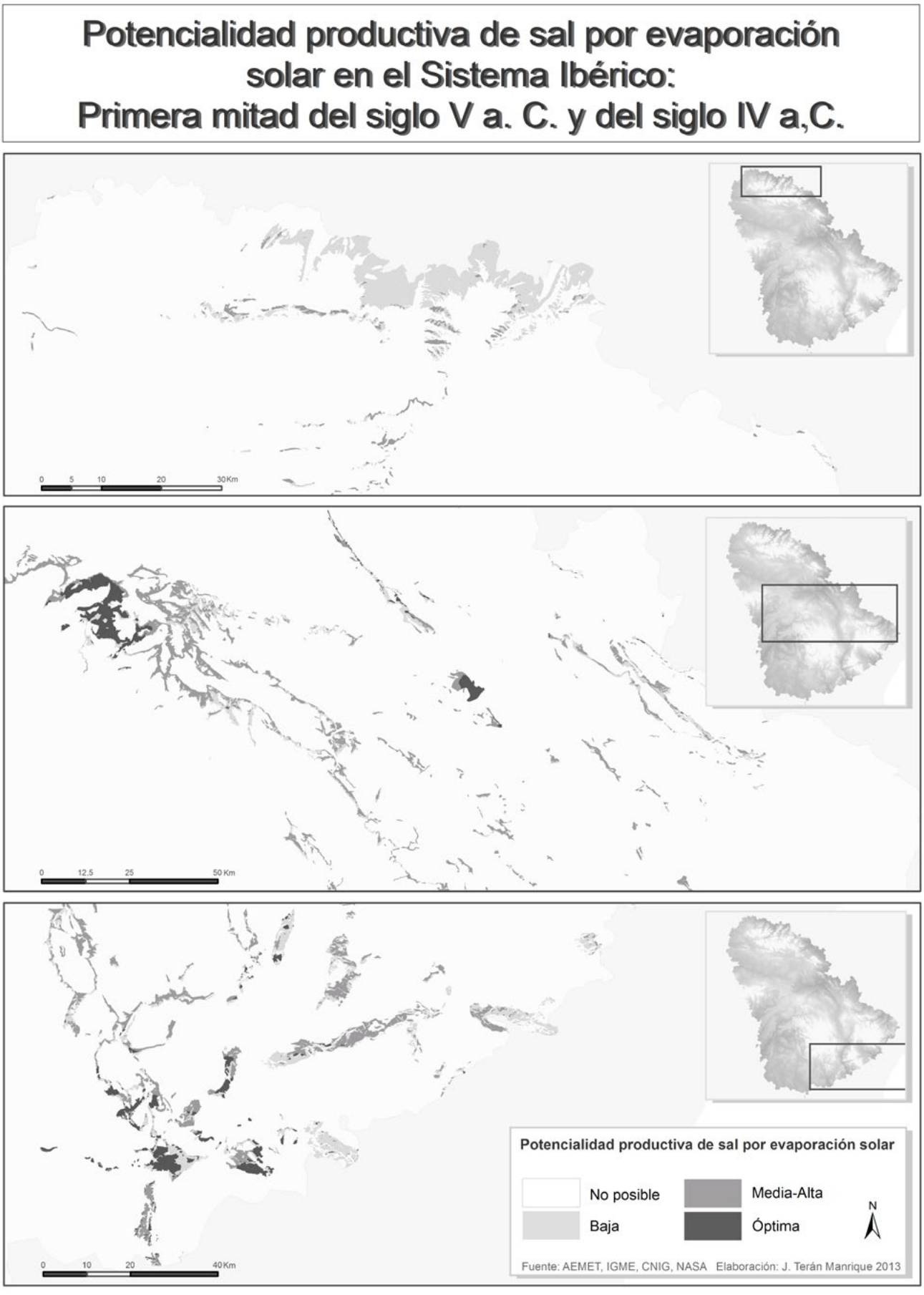

Potencialidad productiva de sal por evaporación solar en el Sistema Ibérico:
Primera mitad del siglo V a. C. y del siglo IV a,C.
0 5 10 20 30 Km
0 12.5 25 50 Km
0 10 20 40 Km
Potencialidad productiva de sal por evaporación solar
No posible
Media-Alta
Baja
Óptima
N
Fuente: AEMET, IGME, CNIG, NASA Elaboración: J. Terán Manrique 2013

FIG. 4

PERIODO	CRONOLOGÍA	TEMPERATURA (respecto actual)	PRECIPITACIONES (respecto actual)	INSOLACIÓN (respecto actual)
SUBBOREAL (3500-500 a. C.)	s. VIII a. C.	-1,8º C	Coeficiente 1,4	Coeficiente 1,00557
	s. VI a. C.	-0,4º C		
SUBATLÁNTICO (500 a. C.-BP)	1ª mitad s. V a. C.	Igual	Coeficiente 1,2	
	2ª mitad s. V a. C.	-1,2º C		
	1ª mitad s. IV a. C.	Igual		
	2ª mitad s. IV a. C.	-1,2º C		
	III-I a. C.	-0,3º C -0,6º C		

TABLA 1. RESUMEN RÁSTERS CALCULADOS

VARIABLES	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	MEDIA	REFERENCIA
Geología	1	1	1	Debe cumplir 1
Insolación (Wh-m^2)	755.642	651.027	685262,66	Insolación mínima
Precipitación media estival (mm)	45,81	21,13	35,92	Precipitación máxima
Temperatura media estival (ºC)	22,37	15,12	18,99	Temperatura mínima
MDE altitud (m)	1.629	626	1.050	Altitud máxima

TABLA 3. RESUMEN ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE ALTITUD, PENDIENTES, GEOLOGÍA, TEMPERATURAS, PRECIPITACIONES E INSOLACIÓN DE LAS SALINAS LOCALIZADAS

VARIABLE	VALOR ORIGINAL	VALOR RECLASIFICADO	SIGNIFICADO
Geología	No Data	10.000	Inexistencia de materia prima
	1	20.000	Existencia de materia prima
Insolación estival	< 651027	1.000	Inferior al valor mínimo
	651027 - 685262,66	2.000	Entre el valor mínimo y la media
	>685262,66	3.000	Superior a la media
Precipitación media estival	>45,81	100	Superior al valor máximo
	35,92 - 45,81	200	Entre la media y el valor máximo
	<35,92	300	Inferior a la media
Temperatura media estival	<15,12	10	Inferior al valor mínimo
	15,12 – 18,99	20	Entre el valor mínimo y la media
	>18,99	30	Superior a la media
Altitud (MDE)	>1629	1	Superior al valor máximo
	1050 – 1629	2	Entre la media y el valor máximo
	<1050	3	Inferior a la media

TABLA 4. RECLASIFICACIÓN DE VARIABLES

Potencial	s.VIII a. C.	s.VI a. C.	1ª mitad ss.V y IV a. C.	2ª mitad ss.V y IV a. C.	s.III-I a. C. (▼0,6º C)	s.III-I a. C. (▼0,3º C)	2ª mitad s.XX d.C.
No posible	61.683	61.655	61.653	61.664	61.657	61.655	61.699
Bajo	733	760	707	700	704	705	604
Medio-Alto	1.471	1.411	1.268	1.402	1.349	1.317	1.045
Óptimo	31	92	289	152	208	241	570
Total posible	2.235	2.263	2.264	2.254	2.261	2.263	2.219

TABLA 5. ÁREAS TOTALES (KM^2) SEGÚN POTENCIALIDAD PRODUCTIVA

Topónimo	Municipio	Provincia	X	Y	Geología	Insolación (WmH^2)	Precip. media estival(mm)	Tª media estival (° C)	Altitud (m)	Valor reclasificación
Salinas de Monteagudo	Monteagudo de las Salinas	Cuenca	596954,51	4404967,69	1	691837	28,52	20,42	956	23333
Salinas del Manzano	Salinas de Manzano	Cuenca	622981,88	4438702,75	1	685766	37,56	19,47	1125	23232
Salinas de Valsalobre	Valsalobre	Cuenca	576660,79	4496498,13	1	685708	42,76	17,79	1194	23222
Salinas de Belinchón	Belinchón	Cuenca	496413,58	4436532,77	1	667478	21,13	22,38	626	22333
Salinas de Almallá	Tierzo	Guadalajara	589015,40	4509839,87	1	683703	39,85	17,69	1119	23222
Salinas de Selas	Anquela del Ducado	Guadalajara	573301,58	4535640,98	1	700767	39,28	17,10	1169	23222
Salinas de Terzaga	Terzaga	Guadalajara	592710,35	4505329,23	1	669913	40,70	17,32	1183	22222
Salinas de Traíd	Traíd	Guadalajara	601386,77	4504341,59	1	686153	40,08	16,95	1238	23222
Salinas de Valsalobre	Corduente	Guadalajara	592464,25	4518914,90	1	690445	39,78	17,39	1134	23222
Salinas de Imón	Sigüenza	Guadalajara	522894,14	4556500,44	1	689919	31,85	20,43	930	23333
Salinas de Bujalcayado	Sigüenza	Guadalajara	523182,74	4552678,89	1	689053	31,78	20,62	920	23333
Salinas de La Olmeda	La Olmeda de Jadraque	Guadalajara	522924,95	4551910,57	1	683318	31,81	20,75	917	23333
Salinas del Gormellón	Río Frío del Llano	Guadalajara	519084,61	4554531,38	1	688368	31,66	21,01	921	23333
Salinas de Rienda	Paredes de Sigüenza	Guadalajara	524095,50	4564808,29	1	693800	32,44	19,35	989	23333
Salinas de Paredes	Paredes de Sigüenza	Guadalajara	523243,41	4565273,60	1	692248	32,60	19,42	991	23333
S. de La Riba de Santiuste	Sigüenza	Guadalajara	525636,79	4561685,52	1	692812	31,95	19,55	958	23333
Salinas de Carabías	Sigüenza	Guadalajara	522810,67	4550402,79	1	685196	31,82	20,80	917	22333
Salinas de Valdealmendras	Sigüenza	Guadalajara	529295,94	4555252,22	1	686584	33,27	19,48	1005	23333
Salinas de Alcuneza	Sigüenza	Guadalajara	532430,73	4549461,04	1	687935	34,36	19,53	1004	23333
Salinas de Saelices	Saelices de la Sal	Guadalajara	556342,62	4528072,68	1	679684	35,25	19,08	992	22333
Salinas La Inesperada	Ocentejo	Guadalajara	553819,24	4514940,21	1	651027	32,72	20,49	825	22333
Salinas de Anguita	Anguita	Guadalajara	550763,29	4545099,69	1	706328	36,32	18,23	1103	23222
Salinas de Medinaceli	Salinas de Medinaceli	Soria	549118,87	4556488,65	1	681340	34,09	18,52	1016	22323
Salinas. de Arcos	Arcos de las Salinas	Teruel	665475,05	4428691,76	1	685362	37,59	19,63	1029	23233
Salinas. de Ojos Negros	Ojos Negros	Teruel	624353,93	4511886,32	1	696745	37,95	18,17	1139	23222
Salinas de La Hoyalda	Royuela	Teruel	624337,14	4472133,15	1	661424	43,53	18,19	1277	22222
Salinas. de Armillas	Vivel del Río Martín	Teruel	677370,14	4528098,57	1	690087	45,81	17,87	1104	22122
Salinas de Griegos	Griegos	Teruel	610061,53	4481453,42	1	755642	45,42	15,13	1629	23222
Salinas Valdetablado	Albarracín	Teruel	608789,29	4460945,34	1	707763	45,81	16,30	1536	23222
Salinas de Villel	Villel	Teruel	652870,21	4458298,75	1	698105	37,61	19,71	979	22233
Salinas de Gallel/Alba	Alba	Teruel	637786,03	4493325,27	1	673144	37,00	18,66	1072	23222
Salinas. de Abanto	Abanto	Zaragoza	608176,54	4556610,82	1	667615	32,38	19,28	890	22333
Salinas de Valdehierro	Nuévalos	Zaragoza	605225,66	4562867,30	1	653496	31,34	20,02	792	22333

TABLA 2.

Micro

ARCHAEOPRESS OPEN ACCESS 2015:
ARQUEOLOGÍA Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN ESPACIAL: UNA PERSPECTIVA IBERO-AMERICANA
editores: ALFREDO MAXIMIANO Y ENRIQUE CERRILLO-CUENCA

ESTADÍSTICA Y VISUALIZACIÓN INTRA-SITE: ANÁLISIS ESPACIAL Y SUELOS DE OCUPACIÓN EN LA GALERÍA INFERIOR DE LA GARMA (OMOÑO, CANTABRIA)

INTRA-SITE STATISTICS AND VISUALIZATION: SPATIAL ANALYSIS AND OCCUPATION FLOORS IN LA GARMA'S LOWER GALLERY (OMOÑO, CANTABRIA)

Camilo Barcia García[1]

Resumen

El análisis espacial cuantitativo supuso la incorporación de instrumentos objetivos que apoyasen la descripción y la explicación de los patrones espaciales observados en el registro arqueológico. El paso de los años ha añadido técnicas y enfoques nuevos, lo que ha servido para madurar sustancialmente el aporte inicial. Este trabajo se centra en la articulación de la problemática intra-site, en la formulación y confirmación de hipótesis, con tal de interpretar la distribución del registro en términos de organización social del espacio. Se expone la problemática a partir de un caso de estudio concreto: la Zona IV del sitio magdaleniense de la Galería Inferior de La Garma. Se han aplicado diversas técnicas estadísticas y visuales para describir cómo se distribuyen los restos líticos en los suelos de ocupación, analizando también su relación con la división artificial del espacio (estructuras) y mencionando las posibles implicaciones sociales.

Palabras clave: *intra-site, estadística espacial, patrones de puntos, visualización, Paleolítico Superior*

Abstract

Quantitative spatial analysis entailed the incorporation of objective tools to uphold the description and explanation of observed spatial patterns in archaeological record. Over the years new techniques and approaches had been included, carrying a significant maturation to the initial contribution. This article focuses on intra-site problematic, on hypothesis formulation and confirmation, analyzing the distribution of archaeological record in order to make inferences about the social organization of space. Spatial problematic is set out from a specific case study: Zone IV of La Garma's Lower Gallery, a Magdalenian site. Several statistic and visual techniques have been applied, aiming not just a description about how lithic remains appears spatially distributed through the occupation floors, but analyzing the relation with explicit spatial limits (structures) and inferring their social implications too.

Keywords: *intra-site, spatial statistics, point pattern, visualization, Upper Palaeolithic*

Introducción: la problemática espacial intra-site

En sus inicios, la Arqueología Espacial fue concebida como el análisis de la distancia entre distintos elementos arqueológicos con el fin de extraer información social (Clarke 1977). En los años 70 del siglo pasado D. L. Clarke señaló también la necesidad de construir una teoría del espacio explícitamente arqueológica, lo que si bien no terminó de lograrse sí derivó en una constante evolución del análisis cuantitativo de las relaciones espaciales (síntesis en Blankholm 1991). En este sentido el desarrollo heurístico de la corriente procesual supo encontrar soluciones técnicas a sus problemas, sin embargo quedó frenada por cierto mecanicismo teórico-metodológico, el cuestionamiento del corpus teórico inicial y las limitadas conclusiones sociales que se extraían. La incapacidad de reconducir las problemáticas redujo el éxito y el interés hacia los análisis estadísticos durante los 80 y 90: no incurrir en los errores pasados requiere no plantear el problema espacial del mismo modo.

La problemática general se sitúa en cómo se articula "lo que se analiza" (restos empíricos, registro arqueológico) y "lo que se busca" (objetivos, epistemología), debiendo elaborar una adecuada estrategia teórico-metodológica. El objeto de estudio no es sencillo: analizamos la *variabilidad espacial*, configurada a partir de la relación de distancias entre las localizaciones en que una variable (restos materiales) está presente bajo una determinada estructura espacial. Documentamos, pues, la ubicación de cualquier tipo de entidad por considerarla relevante y nos sirve para situar el *lugar*

[1] Universidad de Cantabria. Avenida de los Castros s/n. 39005 Santander, Cantabria. España.Contacto: camilobarciagarcia@gmail.com

en que esos elementos fueron recuperados; así empleamos *geodatos* para medir y describir cualitativa o cuantitativamente la distribución espacial de las evidencias arqueológicas (Maximiano 2013a).

El análisis espacial *intra-site* debe orientarse a localizar el lugar donde ocurrieron las acciones y actividades humanas para establecer una interpretación sobre la organización del espacio social, y los términos del estudio deben girar en torno a si los restos arqueológicos comparten o no un mismo espacio como consecuencia material observable de una determinada acción causal. El estudio de la distribución espacial de unos efectos materiales nos aproxima a la ubicación y a la extensión espacial de sus respectivas acciones causales. Es a través de éstas que podremos inferir la organización del espacial de una comunidad en un asentamiento; o lo que es igual, a cómo se ubican unas acciones en un lugar y no en otro según cierta intencionalidad, y cómo ese orden puede definirse en términos de atracción y repulsión (Barceló 2002, 2006; Barceló y Maximiano 2013; Barceló *et al.* 2006). No obstante debe reconocerse que inferir la relación causa-efecto en el registro arqueológico tiene una dificultad añadida: éste es una parcialidad debido a la formación y preservación de los restos (tafonomía), a la discriminación en la toma de datos (objetivos de investigación y técnicas de campo) y a los supuestos que condicionan la interpretación social de los resultados. Todo contexto arqueológico se encuentra al final de una trayectoria tafonómica formada por un encadenamiento de causas y consecuencias en que intervienen factores humanos y naturales, siendo el contexto actualmente observado una "*de*-formación" posterior de otro "más primario" (Bailey 2007; Jiménez 2008; Schiffer 1987; Thiébaut *et al.* 2010). Inevitablemente esto puede provocar ciertos cambios en la localización espacial que deben contemplarse en la interpretación final.

La Arqueología Espacial destaca por no haber desarrollado un marco metodológico sistemático y unitario, por lo que la manera de abordar la problemática depende, entre otros factores, del caso de estudio, la experiencia profesional, la línea de investigación y los medios disponibles. Aún así existen ideas comunes: realizar un registro preciso de la información espacial (estación total, fotogrametría, láser escáner, etc.); determinar la trayectoria tafonómica de un contexto; atribuir una definición-significado a los restos que se analizan; usar herramientas objetivas en el análisis de geodatos (estadística, SIG, visualización computacional…); y finalmente interpretar socialmente los resultados (Djindjian 1999). Al elegir los instrumentos analíticos con los que se va a analizar la distribución de los restos debe considerarse la problemática a resolver y evaluar los recursos técnicos disponibles. En este sentido la implementación heurística de series estadísticas, junto a un razonamiento hipotético-deductivo no-restrictivo, ha demostrado ser una estrategia fértil para abordar la estructura y el patrón de distribuciones espaciales *intra-site*, especialmente en casos de comunidades cazadoras-recolectoras. Algunos ejemplos de ello podemos hallarlos en la confluencia entre técnicas espaciales y no-espaciales de distancia y correlación ("ANITES" en Wünsch 1996), o en la aplicación de procedimientos geoestadísticos (Maximiano 2008, 2012), entre otros.

industria lítica tallada y estructuras EN la Galería Inferior de La Garma

El complejo arqueológico de La Garma se sitúa en Omoño, a pocos kilómetros del litoral cántabro y al Este de la Bahía de Santander; se trata de una colina con varias cavidades cársticas, entre ellas la *Galería Inferior*. Ésta última tiene una longitud de unos 300 m en dirección Sur-Norte y una extensión aproximada de 800 m^2 (figura 1, arriba). La entrada original estuvo orientada al sur y colapsó durante el Último Máximo Glacial (finales del XV milenio cal AC) interrumpiendo la sedimentación en el interior, dejando en superficie y en una potencial "posición primaria" gran variedad de evidencias de las ocupaciones anteriores: restos líticos, óseos, vegetales, elementos constructivos, arte móvil y parietal, etc. El acceso actual es difícil y se realiza descendiendo por varios tramos de galerías más altas y dos simas, lo que ha favorecido una alta conservación de los restos. El caso aquí abordado es la Zona IV, uno de los sectores que ha recibido mayor actividad científica desde su descubrimiento en 1995, el cual cuenta con planimetrías digitales detalladas, más de 5.000 ítems documentados en los suelos así como límites construidos que compartimentaron el área (Arias *et al.* 2011; Ontañón 2003).

La Zona IV (figura 1, abajo) se aleja unos 130 m de la entrada original y carece de luz natural; comprende en su totalidad una extensión de 40 x 10 m y una altura entre 0,5-1,7 m. La línea interpretativa se orienta hacia las posibles actividades que pudieron realizarse (producción lítica y artística, consumo de carne, etc.), las cuales podrían llegar a adquirir significados simbólicos en consonancia con un escenario regional en que las evidencias al respecto son explícitas y recurrentes (Arias 2009). Concretamente en esta zona de la galería se encuentran dos estructuras realizadas en piedra seca (A y B), lo que supone la existencia de límites espaciales *de facto* relacionados con una intencionalidad manifiesta de diferenciar espacios *interiores* y *exteriores* (Ontañón 2003), lo que además tiene paralelos en yacimientos muy próximos como *La Garma A* (Arias *et al.* 2005). En este sentido, puesto que *dentro* o *fuera* suponen dos ámbitos contextuales diferentes, se ha planteado si esa dicotomía pudo haber condicionado la localización de algunas acciones y, por ende, imbuir determinadas características a la distribución de restos arqueológicos (Maximiano *et al.* 2012).

Así pues, **se pretende observar qué relación se da entre la distribución de determinados restos arqueológicos (industria lítica tallada) y la presencia de límites espaciales (estructuras A y B).** Es decir, comprobar cómo esa "división espacial intencional" (estructuras, variable independiente) condiciona el emplazamiento de la acción humana de tal manera que, esta última, termina distribuyendo sus efectos materiales (restos arqueológicos, variable dependiente)

de manera característica. Para ello se analizarán las distribuciones de manera global, confirmando si existen cambios de tendencia y si éstos pueden correlacionarse con la presencia de límites espaciales. Del mismo modo, al tiempo que se observa la relación entre ítems y estructuras, los primeros contienen una significación social como elemento que ha sido producido y consumido. Así pues, el objetivo ulterior es extraer información social a partir de la interrelación espacial entre objetos líticos y límites espaciales construidos.

En la industria lítica, los estudios con mayor impacto se realizan en el ámbito de la producción y el uso de utensilios, priorizando el enfoque tecnológico respecto al morfológico-descriptivo para obtener información sobre la esfera económica. En el caso de la *Galería Inferior* la población lítica está todavía en fase de estudio, motivo por el que aquí se expone una muestra representativa del conjunto en términos tipológicos, basados en conceptos productivos, desde los que se ha trazado una posible interpretación espacial.

Una vez valoradas las posibilidades de la industria lítica, y a fin de no auto-imponer más restricciones, la población se ha subdividido en dos grupos con el propósito de emplazar las acciones intencionales en relación al conjunto de localizaciones posibles. A partir de esta división se construyen sendas categorías de análisis, cuyos criterios relacionan atributos tecnológicos e implicaciones contextuales. Por un lado, los conceptos tecno-tipológicos básicos sirven para distinguir los soportes (Inizan *et al.* 1999) y posicionarlos en la *cadena operativa* (Carbonell *et al.* 1992; Mora *et al.* 1992). Por otro, la localización según el tamaño, la finalidad y las asociaciones entre objetos permiten plantear la intencionalidad espacial subyacente en el abandono (Clark 1991; Fladmark 1982; Gould 1980; Hull 1987; Murray 1980; Schiffer 1987).[2]

En primer lugar, el "Grupo LA" está formado conjuntamente por **lascas y láminas** (n = 175 + 119 = 294), las cuales son soportes extraídos de una base material mayor mediante la reducción de ésta (*débitage*) y presentan rasgos compartidos como consecuencia del proceso de talla (fractura concoidea, talón, punto de impacto, etc.). La distinción básica entre ambos es que las láminas tienden a ser rectilíneas, de una delgadez constante, de extremos opuestos paralelos y de una longitud que al menos duplica la anchura. Aunque tecnológicamente son productos primarios (BP1G) la extracción de cada uno implica la proyección y ejecución de gestos técnicos distintos, haciéndolos objetos productivamente diferentes. Sin embargo, aquí se integran en la misma categoría porque presentan similitudes en lo referente a la trayectoria de su vida útil y contexto de abandono; además, ambas distribuciones por separado son casi iguales (ver Barcia 2013: 93-104). Un objeto es producido con la finalidad de tener una "vida útil" y su abandono significa que ha llegado al final de ésta (fuera cual fuera), desconectándose la intencionalidad de la utilidad. Así pues, tras ser extraídos, estos soportes pudieron permanecer en la secuencia productiva como preformas, ser desechados o bien ser usados como utensilios, pero en cualquier caso son objetos cuya interpretación contextual dependerá de las circunstancias del abandono final. Así, por la intención social que existe en su producción, los individuos tipo LA son soportes producidos de uno en uno, de un tamaño relativamente mayor (*macrodébitage*) y potencialmente funcionales, ergo susceptibles de ser gestionados *individualmente* al final de su vida útil.

En segundo término, el "Grupo RT" lo componen los **restos de la talla** (n = 853), los cuales son fragmentos y esquirlas de muy pequeño tamaño que se desprenden en cualquier momento de la reducción de una base material (BP2G). La gran mayoría se presentan en forma de *debris* y *microdébitage*, siendo fragmentos informes que no se pueden recomponer ni situar en la *cadena operativa* y cuyo tamaño aquí no supera los 5 mm, siendo algunos inferiores a 2-3 mm. A diferencia de lascas y láminas, los restos de talla no son ni soportes ni objetos funcionales puesto que surgen como consecuencia inevitable de golpear una roca con determinadas propiedades físico-materiales, por lo que se suelen vinculan únicamente a la actividad productiva (reducción de núcleo, de preforma, reavivado de filos, reciclaje de objetos, etc.). Ello puede relacionarse con la zona en que se produjo dicha acción o bien, debido a la sensibilidad que les da su tamaño, con una transformación tafonómica. En el caso de la acción, al ser elementos generados en grandes cantidades, tener un volumen diminuto (*microdébitage*) y carecer de utilidad desde el mismo momento en que son producidos, es mucho más plausible que varios elementos compartan las mismas circunstancias de abandono. Así pues pudieron, o bien ser ignorados desde su generación indicando con ello el lugar de la acción, o bien ser gestionados *colectivamente* apartándolos de su lugar de origen.

En definitiva, el objetivo de esta clasificación es comprobar si hubo dos o más significados espaciales distintos en restos arqueológicos diferentes. En el primer caso, la interpretación social de lascas y láminas es un tanto indefinida debido, en parte, a la ausencia de un estudio pormenorizado de la materialidad, mientras que en los restos de talla es mucho más explícita y casi "mecánica". La comparación de ambas distribuciones nos puede aproximar a ciertos aspectos de la organización espacial a partir de las distribuciones observadas, en términos de si la acción enunciada tiende a agrupar, dispersar o actuar indistintamente sobre los efectos materiales, si la presencia de una acción inhibe a otra, etc. En esencia, se trata de estudiar dos "significados espaciales" en relación a la acción implícita que acarrean y a cómo ambos pudieron distribuirse en estos suelos de ocupación.

Principios metodológicos: la implementación heurística de series analíticas

La metodología del análisis espacial puede construirse sobre dos principios básicos y necesarios: la heurística y la cuantificación. La primera se refiere a la capacidad de resolver una problemática (Gigerenzer y Gaissmaier 2011); en nuestro caso a encontrar, a partir de la teoría espacial, una articulación coherente y empírica entre la formulación del problema y su entorno de solución, lo que no está necesariamente cerrado a una única estrategia. Se trata de conectar "lo que queremos saber" con lo que las herramientas y conocimientos disponibles "nos permiten saber", utilizándolas adecuadamente o diseñando otras que sí lo sean (Kintigh y Ammerman 1982). La heurística no constituye un procedimiento *per se*, si no un entorno de reflexión desde donde relacionar necesidades y medios con tal de resolver problemas: todo puede ser útil *si* nos acerca a la solución y *si* nos permite analizar las variables de manera formal y objetiva. Para identificar el lugar de las acciones se requiere reconocer determinados patrones espaciales y su asociación con las acciones causales, por lo que el análisis debe facilitar en primera instancia la observación y descripción de una distribución de un modo exploratorio, es decir, según sus propias características, en acorde a sí misma y sin compararla con otros modelos.

El análisis espacial cuantitativo reúne elementos de teoría estocástica y estadística, en gran parte heredados de las ciencias ambientales. En ecología o geología la relación entre variables suele ser más mecánica y los modelos de comportamiento, aún los muy complejos, más fácilmente calculados; mientras que por el contrario, la naturaleza multicausal de los fenómenos sociales condiciona la posibilidad de predecir completamente sus efectos. Al teorizar sobre dichos fenómenos, si nos centramos en su vertiente material (propiedades físicas, disposición espacial y secuenciación temporal), éstos aparecen constatados a través de los sucesivos estadios o cambios en la realidad material, lo que posee una trayectoria espaciotemporal implícita. Puesto que lo que estudiamos son las causas que motivaron la ordenación espacial resultante de un conjunto de elementos, podemos usar los "procesos estocásticos" como marco de referencia. Los fenómenos sociales están constituidos por la contingencia de acciones, expresables como una concatenación no-determinística de causas y efectos que generan transformaciones materiales; por lo que la causalidad puede abordarse probabilísticamente a partir de las variables observadas en el último estadio de esa materialidad, formado por los restos arqueológicos (Barceló 2002; Barceló y Maximiano 2013).

El fundamento de la teoría estocástica que aquí nos interesa es la noción de *aleatoriedad*, vinculada principalmente a la no-dependencia entre variables y que, en este caso, implica la ausencia de relación entre las variables "posición espacial" y "resto arqueológico". Es decir, un elemento arqueológico tiene la misma probabilidad de emplazarse en cualquiera de las ubicaciones posibles del área muestral, puesto que la presencia de un objeto no conlleva la aparición de otro ni en sus proximidades ni lejos de él. Un patrón aleatorio establece que, de acuerdo a la distribución observada, el proceso causal tuvo las mismas posibilidades de incidir por igual en cualquier localización posible de la región espacial muestreada, lo que ocasiona que la variable analizada se distribuya *indistintamente*, sin que se genere ningún tipo de tendencia a que esa misma variable aparezca en lugares cercanos o alejados. Así pues, un planteamiento formal para describir patrones es proponer como hipótesis nula la *aleatoriedad espacial competa* ("CSR" por sus siglas en inglés), siendo un concepto teórico simulable que asume la no-correlación entre ubicaciones a todos los niveles y escalas de observación (*estacionariedad* e *isotropía*)[3], permitiendo caracterizar el patrón en función de cuánto y cómo se desvía la tendencia observada respecto a ese modelo. En este caso se emplea tal desajuste para describir la variabilidad espacial: si la distancia observada entre ubicaciones es menor a la esperada en lo aleatorio estaremos ante un *patrón agrupado*, si es mayor se tratará de un *patrón uniforme* o "disperso" (Bailey y Gatrell 1995; Cressie 1991; Diggle 2003; Maximiano 2008; Rozas y Camarero 2005; Stoyan 2006). Tampoco debe olvidarse que un mismo fenómeno puede generar patrones distintos según la escala de observación (componente anisotrópico); es decir, mientras a pequeña escala existe una tendencia, ésta puede formar parte de una distribución mayor con otra tendencia muy diferente, repercutiendo con ello en la interpretación (García 2008; Lock y Molyneaux 2006). En la distribución observada se interpreta como que, en ese contexto, las acciones *tendieron* a extender y distanciar los restos o bien a concentrarlos en determinados lugares, organizando socialmente el espacio mediante dinámicas de "atracción" y "repulsión" (Barceló 2002, 2006; Barceló y Maximiano 2013; Maximiano 2008, 2012).

En sintonía con lo expuesto, para afirmar que existe una relación estadísticamente significativa entre estructuras e industria lítica, debemos contrastar que un espacio ocupado por la variable independiente *condiciona* la presencia de la dependiente en esa misma región espacial. Según el patrón observado y cómo se distribuya la intensidad en la que aparece la variable "lítica", distinguiremos si la variabilidad espacial sigue dinámicas distintas o similares en diversas regiones de la Zona IV, ergo si los límites artificiales introducen cambios de tendencia e intensidad. En caso afirmativo, observando cómo se distribuyen espacialmente los restos deberíamos poder detectar *fronteras* (Kooyman 2006), mientras que en caso contrario no hallaremos concordancias (no-correlación).

La serie analítica implementada en este estudio utiliza la descripción estadística, el análisis estructural de la distribución y la visualización analítica de patrones de puntos (*point pattern*). Con la descripción se busca observar si una población tiende a localizarse por igual en cualquier ubicación posible del área de estudio, sirviendo para anticipar la incidencia

de estos "efectos de primer orden" en análisis posteriores y evitar así valoraciones erróneas. El nivel descriptivo lo integran tres elementos mesurables: centralidad, regularidad y agrupación (Maximiano 2008). La *medida de centralidad* es obtenida por la combinación de los puntos centrales de cada eje de coordenadas, proporcionando así un lugar central desde el que ordenar la distribución en x e y (coordenada estimada). La *medida de regularidad* permite observar si el proceso estocástico incide con la misma intensidad en todos los lugares posibles del área de estudio, comprobando con ello si existe irregularidad o constancia entre la cantidad de casos por unidad de superficie (histogramas bivariados). Finalmente, la *medida de la agrupación* muestra la extensión sobre la que se distribuyen los casos comprendidos en una desviación típica a ambos lados de la media central (68,25% de individuos totales), indicando el grado de dispersión sobre el área de estudio y si recurren a un lugar concreto de ésta (la representación puede ser una elipse o un círculo basados en la desviación típica).[4]

El análisis estructural busca conocer si los individuos de una población tienden a una distribución espacial aleatoria y cómo ésta varía en el espacio según la escala de observación, lo que se enmarca en los llamados "efectos de segundo orden" aunque sin llegar a examinar la correlación espacial de una variable. La función *K de Ripley* es un test estadístico ideado para describir la variación en la tendencia de una distribución según la escala a la que ésta última es observada (multiescala): el test opera en base a la intensidad de casos en un área trazada, desde cada individuo, por un radio t que aumenta de longitud en cada medición. Si la intensidad es superior a la esperada bajo el supuesto CSR la función adopta un valor positivo e indica "patrón agrupado", si en cambio es inferior adquiere valor negativo y señala "patrón uniforme" (Baxter 2003; Cruz 2006; Dixon 2002; Orton 2004; Ripley 1981). Ésta aglutina los resultados, siendo sensible a la tendencia general y no a los casos más aislados, motivo por el que resulta beneficioso complementarla con la identificación las zonas de mayor y menor intensidad (ver EDK). Por otro lado, se ha incluido también el test *Vecino Más Próximo* (NNA en inglés) con la finalidad de obtener datos de apoyo a la función *K de Ripley* en su escala más local. NNA muestra valor $R = 1$ en "patrones aleatorios", < 1 en "agrupados" y > 1 (hasta 2,1491) para "patrones uniformes" (Blankholm 1991; Clark y Evans 1954; Kintigh 1990), a lo que se añade un valor de probabilidad (*p-value*) para la confirmación de la hipótesis nula. La diferencia principal entre ambos tests es la mayor sensibilidad que muestra *K de Ripley* hacia las fluctuaciones de tendencia (Conolly y Lake 2009: 221-223; Rozas y Camarero 2005), hecho por el que ésta toma aquí el protagonismo del análisis por encima de NNA, el cual se usa como dígito de control de la escala local.

La representación visual de la información juega un papel importante en la interpretación y accesibilidad a la misma, tanto en los datos iniciales como en aquellos que han sido procesados y analizados (Gooding 2008; Llobera 2011), lo cual es fundamental en el caso de la información espacial debido a su complejidad. Aquí se ha optado por plasmar gráficamente aquellos datos y resultados que inciden directamente en la comprensión de la dinámica espacial tratada. Las medidas descriptivas se han situado sobre un mapa de la Zona IV exportando los resultados a un Sistema de Información Geográfica. Se ha aplicado la *Estimación de la Densidad Kernel* (EDK), una función probabilística no-paramétrica que describe la intensidad de una distribución según un radio fijado manualmente, el cual es trazado desde cada individuo de la población para obtener un resultado en forma de isolíneas suavizadas (Baxter 2003; Baxter *et al.* 1997). A pesar de su carácter uniescalar esta técnica supone un complemento adecuado a la función *K de Ripley*, ya que permite visualizar tendencias de mayor y menor intensidad sobre regiones espaciales, mostrando dónde se hallan las distintas densidades que condicionan el resultado del análisis estructural (Sayer y Wienhold 2013). Como añadido se incluye una técnica paramétrica visual, el cálculo de la superficie interpolada, la cual está diseñada para representar variables de manera regionalizada (datos continuos), obteniendo una superficie simulada en toda el área de estudio que muestra la tendencia de los valores según una función predefinida. Los parámetros de la superficie interpolada son calculados a partir de las localizaciones "conocidas" de esa variable, por lo que la modelización de ésta es la extrapolación de esos resultados hacia aquellas ubicaciones para las cuales no se recogieron datos (Conolly y Lake 2009: 131-133). El procedimiento está concebido para cuantificar y representar cómo varía espacialmente una propiedad y es típico de la Geoestadística (Lloyd y Atkinson 2004; Maximiano 2008, 2012). En este sentido, si bien no se ha aplicado todavía un análisis geoestadístico al registro de la Galería Inferior, sí pueden obtenerse resultados exploratorios con este planteamiento. Para ello, el uso del algoritmo del *inverso de la distancia*[5] permite estimar el valor ponderado que adoptaría una variable en cada nodo o ubicación de la superficie simulada en función de los valores previamente conocidos en las localizaciones más próximas. Puesto que la interpolación se adscribe a las variables de tipo continuo, su uso aquí no sigue las pautas habituales ni las más ortodoxas: se trata de una visualización multivariante con fines meramente exploratorios, por lo que la variable regionalizada es la tipología de cada objeto y cobra valor 0 en la ubicación los objetos tipo LA y valor 1 en caso de los RT. Así pues, si una región espacial tuviera ambas categorías en la misma cantidad y distribuidas independientemente en el espacio y entre ellas, el resultado obtenido sería una superficie interpolada con relativa poca variación y un índice cercano al $0,5$. Por tanto, una desviación excesiva respecto a ese punto medio indicará el "grado de dominio" sobre una región espacial por parte de uno de los dos valores respecto a su opuesto, aportando un primer matiz cualitativo y relacional a la descripción espacial.[6]

Primeros resultados: dinámicas espaciales interiores y exteriores

La primera categoría analizada han sido los "restos de talla" (RT). Aplicando las medidas descriptivas sobre la respectiva nube de puntos observamos lo siguiente (tabla 1, figura 2):

1. Eje de centralidad: mediana, centro mínimo y medias centrales son muy similares entre ellas, mostrando una escasa variación (separación aprox. = 5 cm en el plano); todas se localizan sobre una piedra de 46 x 24 cm (0,0619 m^2), situada en el suroeste de la estructura B.
2. Pauta de regularidad: la cantidad de casos por unidad de superficie no es constante y presenta una elevada variabilidad, en el interior de las estructuras se observa mayor *intensidad* respecto al exterior, incluyendo el considerable apuntamiento en torno al lugar señalado por las medidas de centralidad.
3. Grado de agrupación: la desviación estándar en torno a la media es baja, eso hace que las superficies de la elipse y del círculo que agrupan los casos situados a 1 desv. típica ocupen un 15% del área total de estudio (aprox. 1,2 m^2; *convex hull* = 8 m^2), abarcando únicamente la región suroeste de la estructura B.

Esto nos sirve para establecer que: la distribución de RT no es aleatoria, es decir, su presencia no es indiferente a la localización espacial y todo parece indicar que es poco probable que un *resto de talla* pueda aparecer *indistintamente* en cualquier lugar de la Zona IV. Al contrario, la distribución no es *estacionaria* en su faceta global y parece tender a la *agrupación*, lo que viene dado por la mayor recurrencia de RT en el interior de las estructuras en comparación con el exterior, especialmente en B, lo que desplaza el centro de gravedad de la distribución hacia los *espacios interiores*. Empero, los casos situados sobre la piedra ascienden a $n = 466$, por lo que el diferencial respecto a los lugares con menor *intensidad* supera los 400 individuos y esto sobredimensiona el nivel de agrupación, incidiendo en la estructura de la distribución. Si no hubiera esa cantidad ubicada en un solo punto y tan cerca de la media aumentaría la desviación estándar, haciéndolo con ella la extensión de la elipse y del círculo, lo que reduciría el grado de agrupación al incluir más casos dentro de la estimación. Si extrajésemos esos 466 casos la importancia de las estructuras A y B se igualaría sin que ello beneficiase al exterior, ergo persistiría la no-*estacionariedad* con tendencia a agrupar los RT en el interior de las estructuras. En el análisis estructural de la distribución observamos cómo la relevancia detectada en los *espacios interiores* condiciona los siguientes cálculos (figura 3):

1. Distancia hasta el *vecino más próximo*: en la escala más local existe una tendencia significativa hacia un *patrón agrupado* ($R < 0{,}56$; $p < 0{,}05$), tanto si se incluyen los casos de la acumulación como si no. Al ser un cálculo basado en la media aritmética, la intensidad de casos presentes en el interior de las estructuras, la cual es mayor que en el exterior (ver EDK), hace que el patrón enmascare una posible dinámica propia en el exterior. Igualmente el resultado se corresponde con la agrupación inicial detectada en *K de Ripley*.
2. Función *K de Ripley*: se observa un patrón agrupado inicial (ver NNA) que aumenta su significancia a medida que el radio se aproxima a $t = 0{,}55$ m (diámetro = 1,1 m), descendiendo a partir de entonces hacia la aleatoriedad. La mayor proporción de casos se encuentra en el interior de las estructuras (ver EDK), lo que condiciona el cálculo en todo momento. Esto significa que el patrón agrupado está relacionado con los *espacios internos* mientras que, una vez incluida en el cálculo toda el área de estudio, aparece una tendencia aleatoria relacionada con el grado de significancia que aporta el llamado *espacio externo*.
4. *Estimación de la densidad kernel*: sirve en todo momento para monitorizar la intensidad de la población. Esto permite ver, al margen del *outlier* ya señalado, que A posee la mayor concentración de RT y que ésta se localiza en un punto muy concreto; que en la mitad oeste de B existen pequeñas concentraciones en torno a un espacio central vacío semicircular; y que en el exterior los casos se encuentran muy dispersos entre sí.

La categoría que engloba los soportes en lasca y lámina (LA) muestra las siguientes medidas descriptivas (tabla 1, figura 4):

1. Eje de centralidad: mediana, centro mínimo y medias centrales son algo diferentes entre ellas, mostrando cierta variación (separación aprox. = 26 cm en el plano); todas se localizan en la región suroeste de la estructura B.
2. Pauta de regularidad: la cantidad de casos por unidad de superficie no es constante y presenta una considerable variabilidad, en el interior de ambas estructuras se observa una *intensidad* más grande que la presente en el exterior.
3. Grado de agrupación: la desviación típica en torno a la media es moderada-baja pero mayor que en RT, eso hace que las superficies de la elipse y del círculo que agrupan los casos situados a 1 desv. típica ocupen en torno al 40% del área total de estudio (aprox. 4,265 m^2; *convex hull* = 10,5 m^2); abarcando la región suroeste de la estructura B, casi todos los casos de A y una pequeña porción del exterior.

A partir de esto se establece que: la distribución de LA no es aleatoria, es decir, su presencia no es indiferente a la localización espacial, de lo que se deduce un potencial patrón agrupado global cuyo centro de gravedad lo forman los casos ubicados en el interior de las estructuras. A pesar del parecido con los resultados de RT, esta vez el patrón es

proporcionalmente menos acentuado y algo más difuso, por lo que el posible impacto de la aleatoriedad es mayor que con el grupo anterior. Con el análisis estructural vemos que (figura 5):

1. Distancia hasta el *vecino más próximo*: en la escala más local el patrón tiende significativamente hacia la *agrupación* ($R = 0{,}72$; $p < 0{,}05$). Al ser un cálculo basado en la media aritmética, la intensidad de casos presente en el interior de las estructuras, la cual es mayor que en el exterior (ver EDK), hace que el patrón enmascare una posible dinámica propia en el exterior. El resultado se corresponde con la agrupación inicial detectada en *K de Ripley*.
2. Función *K de Ripley*: se observa una patrón agrupado inicial (ver NNA) que aumenta su significancia a medida que el radio se aproxima a $t = 0{,}5$ m (diámetro = 1 m), manteniendo un nivel de agrupación constante hasta $t =$ 1,4 m , momento a partir del cual la tendencia desciende hacia la aleatoriedad. La mayor proporción de casos se encuentra en el interior de las estructuras (en este caso sobretodo de B; ver EDK), lo que de nuevo relaciona el *patrón agrupado* con los *espacios internos* mientras la tendencia aleatoria entra en escena junto al *espacio externo*. En esta ocasión y a diferencia de RT, la cantidad y la distribución de los individuos incluidos en la estructura A podrían no inclinan tanto el cómputo global, sugiriendo una tendencia algo más difusa en ese punto, más similar al espacio externo que a lo observado en la estructura B.
3. *Estimación de la densidad kernel*: la función señala que la mayor *intensidad* se localiza a lo largo del lateral suroeste interno de la estructura B, existiendo en los extremos de ese conjunto dos concentraciones menores; una en el recodo del norte de la estructura y otra sobre la piedra que ya hemos visto anteriormente. La *intensidad* de objetos en A es menor y más homogéneamente repartida, salvo por una pequeña acumulación. En el *espacio externo* apenas existen acumulaciones significativas y los restos están mucho más dispersos.

Finalmente, para dar más claridad al resultado de la interpolación de superficie mediante el algoritmo de *distancia inversa*, se ha optado por representarlo mediante un campo de alturas en función de si los valores obtenidos (*output*) están más próximos a 1 ó 0 (figura 6). Podemos observar cómo los valores próximos a 1 forman tres elevaciones principales, una en el interior de la estructura A y dos en B, mientras que aquellos cercanos a 0 generan una depresión generalizada en todo el *espacio externo*, así como una más pequeña en el noroeste (esquina interna de la estructura B). Esto permite establecer que: la escasez proporcional de *restos de talla* en el exterior de las estructuras hace que LA imponga su hegemonía en esa región espacial; la alta presencia de RT en el interior de ambas estructuras hace que éstas dominen esas dos regiones espaciales por encima de las concentraciones de lascas y láminas. Asimismo pueden extraerse dos matices menores: en la estructura B hay dos lugares en que la presencia de RT es menos intensa, éstos son la región noreste y la que se extiende unos 0,5 m^2 entre la piedra y el límite noroeste de la estructura (esquina). En esas localizaciones el grupo LA recupera parte de su importancia al reducirse la cantidad *restos de talla*.

Discusión:

A la luz de los resultados podemos confirmar, a través de los cambios en el patrón estructural de la distribución, la existencia de diferencias espaciales en estrecha relación con la presencia de límites artificiales. Sin más criterio para el establecimiento del área de estudio que la propia fisonomía natural de la cueva en la Zona IV, queda patente que analizando las localizaciones discretas de un conjunto de restos es posible detectar *fronteras espaciales* sin más elementos que el propio ordenamiento de la distribución espacial. En este caso de estudio, éstas coinciden con los límites construidos, e incluso podemos identificar lugares más específicos en el interior de la estructura B.

Descendiendo de lo general a lo particular, la distribución espacial de los restos de industria lítica tallada en la Zona IV se caracteriza por estar dividida entre aquellos que se ubican en la mitad noroeste, dentro de los límites de las estructuras, y aquellos situados en la mitad sureste (exterior de ambas). Esa división presenta diferencias en la cantidad absoluta de casos y en la proporción relativa entre categorías (ver tabla en figura 6), existiendo un mayor número (absoluto) de ambas en el interior así como mayor proporción de RT, mientras que la proporción de LA es superior en el exterior y además inhibe la presencia de restos de talla. El patrón espacial con el que se ordena la distribución de cada categoría es similar entre ellas pero más acusado en RT; así pues, puede resumirse como que en los espacios internos hay dinámicas que tienden a agrupar los restos de industria lítica mientras que en el exterior son mucho más aleatorias. Asimismo, el patrón de lascas y láminas que se observa en el interior de la estructura A tiene unas características distintas al que se da en B: en la primera la intensidad es más baja y las concentraciones que se localizan en la mitad sureste son varias y con poca inter-variabilidad. Mientras tanto, en B la acumulación de casos en el lateral suroeste respecto al resto de la estructura es manifiesta y en sus dos extremos (norte y sur) destacan dos concentraciones, además en la mitad noreste existe un vacío rodeado "ordenadamente" por algunos individuos. En los restos de talla comprobamos cómo en la estructura A existe una concentración importante en el centro de la mitad sureste, desde la que se diluye su intensidad a medida que nos alejamos de ese punto. En cambio, en B existe una altísima acumulación de RT sobre una de las piedras y, al norte de ella, existen pequeñas concentraciones (cada una de ellas con un posible patrón aleatorio interno) con un bajo distanciamiento entre ellas y "ordenadas" en torno a lugares relativamente más vacíos; asimismo, en el noreste de la estructura B, los RT están prácticamente ausentes. Finalmente, a modo de apunte contextual, debe tenerse en cuenta que en la distribución de restos

de fauna (n = 3.753) también existen cambios de intensidad relacionados con los límites artificiales, y que aquellos huesos en los que se han detectado trazas de ocres (n = 427) únicamente se localizan en la mitad suroeste del espacio externo, siguiendo un patrón agrupado (ver Barcia 2013: 111-113). Todo ello parece oponerse a lo observado en sitios arqueológicos adyacentes y contemporáneos como La Garma A (Arias *et al.* 2005), donde la tendencia general en la densidad de restos se invierte, siendo mayor en los espacios exteriores; esto permite proponer diferencias interpretativas entre la estructura de La Garma A y las existentes en la Zona IV de la Galería Inferior, lo que por el momento es solo un apunte.

En este análisis se han reunido tres tipos de información y se han relacionado a través de la dimensión espacial: el patrón de la distribución, la presencia de límites artificiales y el significado interpretativo de las categorías. Esto nos conduce a varias propuestas de interpretación y discusión:

1) Las acciones de *débitage* pudieron localizarse en el interior de las estructuras o bien su residuo fue depositado en ellas. Sin embargo, la opción de la estructura B como área productiva toma fuerza debido al tipo de patrón espacial que siguen los restos de talla en el suroeste de B: la tendencia de éstos a disponerse en pequeñas concentraciones distanciadas "circularmente" y con una estructura interna potencialmente *indistinta*, la coincidencia con lascas y láminas en esa misma región espacial sin que sus máximas intensidades apenas se superpongan, así como la presencia de la piedra como superficie en la que se acumulan muchos de estos restos. Además, partiendo de esta idea, puede proponerse la presencia de un acceso a la estructura en la mitad este, dada la ausencia de restos de ambas categorías en esta región espacial y ciertas diferencias en el trazado de la construcción.

2) La estructura A es la que comporta más problemas interpretativos. El propio trazado de ésta es difuso y está compuesto, al noreste, por el lateral suroeste de B y una roca de unos 80 cm de longitud al sur, existiendo desunión entre ambos límites, así como un aprovechamiento de la pared natural de la cueva al norte y al oeste. Además, tanto la presencia de industria lítica (figuras 2 y 4) como de los restos de fauna (Barcia 2013: 111) se encuentra en la mitad sureste de la estructura predefinida, mostrando total ausencia en la mitad noroeste. Asimismo, la agrupación de RT en un punto y la distribución en los alrededores de éste, junto a las lascas y láminas asociadas, recuerda a la ya vista en la región suroeste de B. Finalmente vemos cómo, a pesar de la fuerte correlación entre los límites construidos y la distribución de restos líticos, algunos de éstos últimos sobrepasan esas fronteras, especialmente en aquellos individuos localizados entre las rocas del trazado suroeste de B y el límite sur de A. Esto lleva a proponer, ante el tamaño poco funcional de la estructura (2 m^2), la posibilidad de que A sea el remanente de alguna delimitación espacial anterior con funciones similares a B, es decir, que no exista sincronía en el uso de ambas y respondan a episodios ocupacionales distintos.

3) El espacio que se abre en el exterior de ambas estructuras presenta unas características disímiles a los interiores. Las distribuciones de RT y LA siguen dos niveles de aleatoriedad parecidos, lo que en cualquier caso implica que la acción o superposición de acciones que produjeron las sucesivas depositaciones en esa región espacial siguieron un patrón que no discrimina ubicaciones, ni de forma *ad hoc* ni *contingentemente*. Esto lleva a proponer que sobre toda esa región actúa una misma intencionalidad, es decir, la "intención de no diferenciar", haciendo que la presencia de una acción no inhiba la práctica de otra. Se trata de un espacio más grande que el interno y aquél por el que transcurre la vía de paso que comunica la Zona III con la Zona V de la galería, lo que hace posible que en esa región espacial se realizaran actividades que requirieran de más espacio que las desarrolladas en los *espacios interiores*. En lo que atañe a la industria lítica, las acciones aquí llevadas a cabo no serían de tipo productivo y podrían estar más relacionadas con el consumo.

Estas tres propuestas conllevan implicaciones para la interpretación social del sitio, por lo que deben tomarse como hipótesis en trabajos posteriores y no como conclusiones. El estudio pormenorizado de la materialidad lítica de seguro aportará mayor información sobre estos restos en los distintos lugares analizados y, en combinación con otros análisis (fauna, residuos químicos, indicadores tafonómicos, factores ambientales, etc.), permitirnos hacer inferencias de mayor calidad y precisión. Por ahora solo podemos proponer las vías por las que contrastar estas aproximaciones, las cuales pasan necesariamente por la comparación exhaustiva del sitio con otros similares (Arias 2009; Arias *et al.* 2005; Freeman y González-Echegaray 1981; Pastoors y Weninger 2011) y por la profundización en todas las diferencias relevantes que puedan observarse. Muy especialmente en aquellas que se hallen en individuos separados por contextos distintos: productivo *versus* consumo, episodios ocupacionales distintos, posibles áreas de tránsito habitual *versus* las que no lo son, etc.

En el caso de las áreas productivas, la hipótesis podría corroborarse con la identificación de los restos líticos orientados a preparar las extracciones de los núcleos (macroresiduo de talla), comprobando si su ubicación coincide con la ya planteada para el grupo de lascas y láminas cercanas a la peculiar distribución de RT. Asimismo debe relacionarse con la dispersión de posibles remontajes entre soportes de la categoría LA. También sería útil comparar el patrón de RT en la estructura B con estudios experimentales y etnoarqueológicos afines sobre la distribución espacial de estos restos que resulta del proceso de talla (Bowers *et al*. 1983; Hiscock 2005; Kvamme 1997; Maximiano 2013b; Newcomer y Sieveking 1980; Schick 1986), así como compararlo también con sitios de características similares. Al mismo tiempo, un análisis exhaustivo de la materia prima de soportes y microrestos de talla puede servir a la definición de áreas de actividad, así

como para tratar cuestiones de inter-temporalidad entre concentraciones y regiones espaciales (Moseler 2011). El tipo de microresiduo puede ser de naturaleza distinta (materia prima, tamaño, morfología…) y eso abre la puerta a diagnosticarlo como esquirlas desprendidas durante acciones no-productivas (bien de consumo o fruto del pisoteo, por ejemplo); lo que podría identificarse a través de las trazas y extracciones anómalas en los soportes útiles y su relación con la ubicación espacial. De igual modo, si la piedra en el sector suroeste de la estructura B estuvo imbricada en la producción, tanto ésta como la industria lítica podrían contener en tal sentido huellas e indicios sobre su superficie. Por último, si ambas estructuras no fueran coetáneas sería evidente que la distribución de objetos observada en A se extendería bajo el trazado de la construcción de B (superposición estratigráfica), creando de palimpsestos en la región suroeste de esta última estructura. Si esto último forzase una interpretación diacrónica, con vistas a la posible transformación del espacio social a través del tiempo, tampoco tendría porqué invalidar el supuesto del área de actividad (Bailey 2007; Bailey y Galanidou 2009).

Conclusiones:

En este trabajo se ha expuesto un primer análisis del espacio arqueológico y cierta interpretación en términos sociales, empleando técnicas cuantitativas para validar las hipótesis previas sobre la variabilidad espacial. También queda patente la influencia del "espacio relacional", el cual se configura por la distancia entre entidades, por su relación y por la presencia de discontinuidades (Conolly y Lake 2009; Harvey 1969; Sanz 1993; Tobler 1970), permitiendo orientar un análisis que abre nuevas posibilidades en un futuro próximo. Asimismo, comprobar si la existencia de varios elementos (con determinado patrón) aumenta o inhibe la presencia de esos mismos u otros en sus proximidades hace posible describir el ordenamiento espacial de forma objetiva, facilitando después su explicación. En el campo analítico, el planteamiento geoestadístico de variables regionalizadas permite estudiar la extensión espacial de los restos arqueológicos, añadiendo mayor capacidad interpretativa (Lloyd y Atkinson 2004; Maximiano 2012).

Si bien las técnicas geoestadísticas no han sido utilizadas, el tipo de razonamiento adjunto ha servido para el diseño de la estrategia metodológica. En este sentido, el análisis de nubes de puntos (dato discontinuo y cualitativo, solo indica presencia) no es inferior al tipo de dato regionalizado, pero sí que introduce matices diferenciales en cuanto al tratamiento e interpretación de la información espacial (Maximiano 2013a). Entre otras cosas, para llegar a niveles de precisión similares, en las nubes de puntos debemos ir fraccionado el área estudiada, lo que convierte el procedimiento técnico en algo más jerarquizado, complejo y tedioso que en los casos de interpolación y *krigeado*. Los clásicos análisis de conjuntos (*clustering*) requieren de técnicas para la delimitación de los mismos (Blankholm 1991; Kintigh 1990; Kintigh y Ammerman 1982), lo que introduce algoritmos partitivos y límites espaciales previamente inexistentes y potencialmente distorsionados, además de omitir información importante (Barceló y Maximiano 2008; Baxter 2003; Kintigh 1990). La función *K de Ripley* sortea este problema al realizar una lectura continua del área de estudio ocupada por los puntos, mostrando parte de los "efectos de segundo orden" (estructurales) a través de los cambios inter-escalares en el patrón de la distribución. Así pues, si bien es necesario diferenciar regiones espaciales, al menos para interpretarlas con cierta profundidad, es preferible hacerlo de un modo no-restrictivo ni orientado a soluciones "óptimas". La delimitación de espacios no es tarea fácil; aquí se ha demostrado la fuerte correlación entre la presencia de límites artificiales (construidos) y la intensidad y patrón de la distribución, pero esto no siempre es posible, especialmente en niveles arqueológicos con gran incidencia tafonómica. Por ello, no basta solo con evaluar la densidad de las evidencias arqueológicas (véase los mapas de contornos, EDK…), si no que además es necesario comparar presencias y ausencias, cantidades y tendencias de la distribución espacial.

El objetivo sigue siendo el de obtener la máxima información con la que discriminar y definir límites, superposiciones e inhibiciones (Kooyman 2006) en el conjunto de consecuencias materiales de las actividades imbricadas en la producción y reproducción de la vida social, ayudándonos así a percibir la intencionalidad humana en la organización del espacio (Otte 2012). La complejidad inherente en el análisis *intra-site*, especialmente en el discurso explicativo de las distribuciones observadas, hace que en este campo debamos repensar constantemente la metodología de estudio. La exploración previa del registro, la formulación lógica, estructurada y argumentada de hipótesis y modelos, su confirmación o refutación, así como la interrelación de distintos tipos de evidencias e información contextual, con el fin de evaluar si se refuerzan mutuamente, constituyen herramientas que ayudan a orientar la interpretación en una misma dirección (Carr 1991). Un análisis preliminar de la variabilidad espacial puede ser una herramienta eficiente de apoyo al estudio de la materialidad en otros campos de nuestra disciplina, sirviendo para establecer hipótesis y contrastarlas así durante el trabajo de campo o la investigación posterior, orientar el estudio de materiales a través de una referencia previa (dimensión espacial) y separarlos en conjuntos entre los que buscar similitudes y deferencias, reflexionar sobre qué información es necesaria y cuál no en lo que al diagnóstico espacial se refiere, etc. Es decir, la arqueología espacial *intra-site* puede ser más rentable si adopta un rol "más activo" en la investigación, en paralelo a otros estudios en vez de ser un mero anexo como sucede en ocasiones; evidentemente esto no excluye al clásico análisis espacial *a posteriori*. En este sentido las distintas zonas de la *Galería Inferior de La Garma* son, sin lugar a dudas, un conjunto arqueológico excepcional en el que, dadas las posibilidades del registro, poder desarrollar y experimentar nuevos procedimientos de análisis. Se trata de un entorno

privilegiado, tanto para comprender las dinámicas arqueológicas como para inferir aspectos sobre las prácticas sociales de los grupos magdalenienses. Este trabajo es una primera muestra de ese potencial, anticipándose ya futuras perspectivas que se auguran prometedoras.

NOTAS

Se ha optado por no incluir los útiles retocados (buriles, raspadores, etc.) debido al escaso tamaño de la población (n = 21) y al carácter preliminar de este artículo. Podrían haberse integrado en la categoría LA pero se los ha considerado más complejos (BN2G) que lascas y láminas (BP1G).

[2] La *estacionariedad* significa que los valores de una variable no varían significativamente en función de su localización en una región espacial, es decir, la probabilidad de aparición es invariante a la traslación, siendo igual en cualquier punto de la región. La *isotropía* se da cuando los valores de una variable no varían significativamente en función de la escala o dirección en que se observan, por lo que la probabilidad de aparición es invariante a la rotación, siendo igual en cualquier escala o dirección.

[3] Fuentes principales para el cálculo de medidas descriptivas: Maximiano (2008) y manual interno de CrimeStat 3.3.

[4] Referencia principal para *distancia inversa*: manual interno de Voxler 3. Contraste de información: Conolly y Lake (2009: 136-139), manuales internos de ESRI ArcGIS 10 y PAST 2.17c.

[5] Obtención y visualización de medidas descriptivas: CrimeStat 3.3 (Levine 2010), PAST 2.17c (Hammer et al. 2001), SPSS y ESRI ArcGIS 10. Análisis estructural (NNA, *K de Ripley* y EDK): PAST 2.17c. Interpolación: Voxler 3. Montaje y composición de gráficos: Adobe Photoshop CS6 y Adobe Illustrator CS6 (manteniendo proporciones y escalas gráficas). Corrección de *efecto borde*: propuesta de Donnelly (1978) para NNA, "peso proporcional" en *K de Ripley* (Cruz 2006: 21).

[6] El término "sectores" hace referencia a los restos líticos que quedan dentro de los límites estructurales A, B y exterior. La minoría situada en los recovecos dejados por las rocas de las construcciones y en lugares poco accesibles (rincón noreste) no ha sido contabilizada, motivo por el que el total relativo de esta etiqueta (en blanco y cursiva) apenas llega al 100%.

AGRADECIMIENTOS

No puedo terminar sin agradecer a Alfredo Maximiano y Pablo Arias las apreciaciones y la confianza depositadas. Quisiera agradecer también los comentarios de Manuel Vaquero, Joan Antón Barceló, Katia Achino, Joan Negre, Xavi Rodà y Jorge Martínez-Moreno antes, durante y después de la sesión del simposio. Los errores están a mi cargo.

REFERENCIAS

ARIAS, P. 2009. Rites in the dark? An evaluation of the current evidence for ritual areas at Magdalenian cave sites. *World Archaeology* 41 (2): 262-294.

ARIAS, P.; R. ONTAÑÓN; E. ÁLVAREZ; M. T. APARICIO; A. CHAUVIN; I. CLEMENTE; M. CUETO; J. E. GONZÁLEZ; J. J. IBÁÑEZ; J. TAPIA y L. C. TEIRA. 2005. La estructura Magdaleniense de La Garma A. Aproximación a la organización espacial de un hábitat paleolítico. En *O Paleolítico – Actas do IV Congreso de Arqueologia Peninsular (Faro, 14 a 19 de Setembro de 2004)*, coordinado por N. Bicho y M. S. Corchón, pp. 123-142. Centro de Estudos de Património. Departamento de História, Arqueologia e Património, Universidade do Algarve.

ARIAS, P.; R. ONTAÑÓN, E. ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ; M. CUETO; M. ELORZA; C. GARCÍA-MONCÓ; A. GÜTH; M. J. IRIARTE; L. C. TEIRA y D. ZURRO. 2011. Magdalenian floors in the Lower Gallery of La Garma: a preliminary report. En *Site-internal spatial organization of hunter-gatherer societies : case studies from the European Palaeolithic and Mesolithic. Session C58, Proceedings of 15th UISPP conference in Lisbon, September 2006*, editado por S. Gaudzinski-Windheuser, O. Jöris, M. Sensburg, M. Street y E. Turner, pp. 31-51. Verlag des Römisch-Germanischen Zentralmuseums, Mainz.

BAILEY, G. 2007. Time perspectives, palimpsests and the archaeology of time. *Journal of Anthropological Archaeology* 26: pp. 198-223.

BAILEY, G. y N. GALANIDOU. 2009. Caves, palimpsests and dwelling spaces: examples from the Upper Palaeolithic of south-east Europe. *World Archaeology* 41 (2): 215-241.

BAILEY, T. C. y A. C. GATRELL 1995. *Interactive spatial data analysis.* Pearson Education, Prentice Hall, Singapore.

BARCELÓ, J. A. 2002. Archaeological thinking: between space and time. *Archeologia e Calcolatori* 13: 237-257.

BARCELÓ, J. A. 2006. Multidimensional spatial analysis in archaeology: beyond the GIS paradigm. En *Reading historical spatial information from around the world: studies of culture and civilization based on Geographic Information Systems*, editado por T. Uno, pp. 237-257. International Research Centre for Japanese Studies, Kyoto.

BARCELÓ, J. A. y A. M. MAXIMIANO. 2008. Some notes regarding distributional análisis of spatial data. En *Layers of perception: proceedings of the 35th CAA (Berlin, April 2-6, 2007)*, editado por A. Posluschny, K. Lambers e I. Herzog, pp. 282-287. Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte vol. 10, Bonn.

BARCELÓ, J. A. y A. M. MAXIMIANO. 2013. The mathematics of domestic spaces. En *The Archaeology of Household*, editado por M. Madella, G. Kovács, B. Berzsényi e I. Briz. Oxbow books, Oxford.

BARCELÓ, J. A.; A. M. MAXIMIANO y O. VICENTE. 2006. La multidimensionalidad del espacio arqueológico: teoría, matemáticas y visualización. En *La aplicación de los SIG en la Arqueología del Paisaje*, editado por I. Grau, pp. 29-40. Publicaciones de la Universidad de Alicante, Alicante.

BARCIA, C. 2013. *Una aproximación intra-site a los suelos de ocupación magdalenienses en la Galería Inferior (La Garma, Cantabria)*. Tesis de Master en Prehistoria y Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Cantabria. Ms. http://hdl.handle.net/10902/3906 (Acceso: 8 de marzo 2014).

BAXTER, M. J. 2003. *Statistics in Archaeology*. Arnold Publishers, London.

BAXTER, M. J.; C. C. BERDAH y R. V. S. WRIGHT. 1997. Some archaeological applications of Kernel Density Estimates. *Journal of Archaeological Science* 24: 347-354.

BLANKHOLM, H. P. 1991. *Intrasite spatial analysis in theory and practice*. Aarhus University Press, Århus.

BOWERS, P. M.; R. BONNICHSEN y D. M. HOCH. 1983. Flake dispersal experiments: noncultural transformation of the archaeological record. *American Antiquity* 48 (3): 553-572.

CARBONELL, E.; M. MOSQUERA; A. OLLÉ; X. P. RODRÍGUEZ; R. SALA; M. VAQUERO y J. M. VERGÈS. 1992. *New elements of the logical analytic system: First International Meeting on Technical Systems to configure Lithic Objects of scarce elaboration*. Cahier Noir 6, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.

CARR, CH. 1991. Left in the dust: contextual information in model-focused archaeology. En *The interpretation of archaeological spatial patterning*, editado por E. M. Kroll y D. T. Price, pp. 221-256. Plenum Press, New York.

CLARK, J. E. 1991. Flintknapping and debitage disposal among the Lacandom Maya of Chiapas, Mexico. En *The ethnoarchaeology of refuse disposal*, editado por E. Staski y L. D. Sutro, pp. 63-78. Arizona State University Anthrop ological Research Papers no. 42.

CLARK, P. J. y F. C. EVANS. 1954. Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology* 35 (4): 445-453.

CLARKE, D. L. 1977. Spatial information in archaeology. En *Spatial archaeology*, editado por D. L. Clarke, pp. 1-32. Academic Press, London.

CONOLLY, J. y M. LAKE. 2009. *Sistemas de información geográfica aplicados a la arqueología*. Edicions Bellaterra, Barcelona.

CRESSIE, N. A. C. 1991. *Statistics for spatial data*. John Wiley & Sons Interscience, New York.

CRUZ, M. 2006. Introducción al análisis de datos mapeados o algunas de las (muchas) cosas que puedo hacer si tengo coordenadas. *Ecosistemas* 15 (3): 19-39.

DIGGLE, P. J. 2003. *Statistical analysis of spatial point patterns (second edition)*. Arnold Publishers, London.

DIXON, P. M. 2002. Ripley's K function. En *Encyclopaedia of environmetrics*, editada por A. H. El-Shaarawi y W. W. Piegorsch, pp. 1.796-1.803. Wiley & Sons Ltd., Chichester.

DJINDJIAN, F. 1999. L'analyse spatiale de l'habitat: un état de l'art. *Archeologia e Calcolatori* 10: 17-32.

DONNELLY, K. P. 1978. Simulations to determine the variance and edge effect of total nearest-neighbour distance. En *Simulation studies in archaeology*, editado por I. Hodder, pp. 91-96. Cambdridge University Press, Cambdrige.

FLADMARK, K. R. 1982. Microdebitage analysis: initial considerations. *Journal of Archaeological Science* 9: 205-220.

FREEMAN, L. G. y J. GONZÁLEZ-ECHEGARAY. 1981. El Juyo: a 14.000-year-old sanctuary from Northern Spain. *History of Religions* 21 (1): 1-19.

GARCÍA, D. 2008. El concepto de escala y su importancia en el análisis espacial. En *Introducción al análisis espacial de datos en Ecología y Ciencias Ambientales: métodos y aplicaciones*, editado por F. T. Maestre, A. Escudero y A. Bonet, pp. 35-73. Dykinson, Madrid.

GIGERENZER, G. y W. GAISSMAIER. 2011. Heuristic decision making. *Annual Review of Psychology* 62: 451-482.

GOODING, D. C. 2008. Envisioning explanation: the art in science. En *Beyond illustration: 2D and 3D digital technologies as tools for discovery in archaeology*, editado por B. Frischer y A. Dakouri-Hild, pp. 1-20. BAR International Series 1805, Archaeopress, Oxford.

GOULD, R. A. 1980. *Living archaeology*. Cambridge University Press, New York.

HAMMER, Ø.; D. A. T. HARPER y P. D. RYAN. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1). http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm (Acceso: 8 de marzo de 2014).

HARVEY, D. 1969. *Explanation in Geography*. Edward Arnold Publishers, London.

HISCOCK, P. 2005. Reverse knapping in the Antipodes: the spatial implications of alternate approaches to knapping. En *Lithic toolkits in ethnoarchaeological contexts. Acts of XIVth UISPP Congress, University of Liège, Belgium, 2-8 September 2001*, editado por X. Terradas, pp. 35-39. BAR International Series 1370, Archaeopress, Oxford.

HULL, K. L. 1987. Identification of cultural site formation processes through microdebitage analysis. *American Antiquity* 52 (4): 772-783.

INIZAN, M.-L.; M. REDURON-BALLINGER; H. ROCHE y J. TIXIER. 1999. *Technology and terminology of knapped stone*. CREP, Nanterre.

JIMÉNEZ, V. 2008. El ciclo formativo del registro arqueológico. Una alternativa a la dicotomía deposicional/ posdeposicional. *Zephyrus* LXII: 125-137.

KINTIGH, K. W. 1990. Intrasite spatial analysis: a commentary on major methods. En *Mathematics and information science in archaeology: a flexible framework*, editado por A. Voorrips, pp. 165-200. Studies in Modern Archaeology volume 3, Holos, Bonn.

KINTIGH, K. W. y A. J. AMMERMAN. 1982. Heuristic approaches to spatial analysis in archaeology. *American Antiquity* 47 (1): 31-63.

KOOYMAN, B. 2006. Boundary theory as a means to understanding social space in archaeological sites. *Journal of Anthropological Archaeology* 25: 424-435.

KVAMME, K. 1997. Patterns and models of debitage dispersal in percussion flaking. *Lithic Technology* 22 (2): 122-138.

LEVINE, N. 2010. *CrimeStat: a spatial statistics program for the analysis of crime incident locations (v 3.3)*. Ned Levine & Associates, Houston (TX) and the National Institute of Justice, Washington DC.

LLOBERA, M. 2011. Archaeological visualization: towards an Archaeological Information Science (AISc). *Journal of Archaeological Method and Theory* 18 (3): 193-223.

LLOYD, C. D. y P.M. ATKINSON. 2004. Archaeology and Geostatistics. *Journal of Archaeological Science* 31: 151-165.

LOCK, G. y B. L. MOLYNEAUX (editores). 2006. *Confronting scale in archaeology: issues of theory and practice*. Springer Science, New York.

MAXIMIANO, A. M. 2008. *Teoría geoestadística aplicada al análisis de la variabilidad espacial arqueológica intra-site*. Tesis de doctorado, Departament de Prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona. Ms. http://hdl.handle.net/10803/5526 (Acceso: 8 de marzo 2014).

MAXIMIANO, A. M. 2012. Geoestadística y arqueología: una nueva perspectiva analítico-interpretativa en el análisis espacial intra-site. *Analitika* 4 (1): 79-91.

MAXIMIANO, A. M. 2013a. Datos óptimos para la caracterización espacial y temporal de la variabilidad arqueológica a escala intra-site. *GeoFocus* 13 (1): 131-153.

MAXIMIANO, A. M. 2013b. Experimentando con distribuciones espaciales en CPU: simulación estocástica y visualización como complementos analíticos en el análisis espacial arqueológico. En *Experimentación en arqueología: estudio y difusión del pasado. Actas del 3er Congreso Internacional de Arqueología Experimental. Banyoles (Girona), octubre 2011*, editado por A. Palomo, R. Piqué y X. Terradas, pp. 487-493. Serie monogràfica del Museu d'Arqueologia de Catalunya, Girona.

MAXIMIANO, A. M.; P. ARIAS y R. ONTAÑÓN. 2012. A specific approach for a peculiar site: new spatial technologies for recording and analyzing a Palaeolithic site (La Garma). *Comunicación presentada en la 40th Annual Conference of Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA), Southampton, 26-29 March 2012*.

MORA, R.; J. MARTÍNEZ-MORENO y X. TERRADAS. 1992. Un proyecto de análisis: el Sistema Lógico Analítico (SLA). En *Tecnología y cadenas operativas líticas: reunión internacional, 15-18 enero de 1991*, editado por R. Mora, X. Terradas, A. Parpal y C. Plana, pp. 173-199. Treballs d'Arqueologia 1, Servei de Publicacions de la UAB, Bellaterra.

MOSELER, F. 2011. Spatial analysis of concentration K-IV of the Magdalenian site of Gönnersdorf. En *Site-internal spatial organization of hunter-gatherer societies : case studies from the European Palaeolithic and Mesolithic. Session C58, Proceedings of 15th UISPP conference in Lisbon, September 2006*, editado por Gaudzinski-Windheuser, O. Jöris, M. Sensburg, M. Street y E. Turner, pp. 103-125. Verlag des Römisch-Germanischen Zentralmuseums, Mainz.

MURRAY, P. 1980. Discard location: the ethnographic data. *American Antiquity* 45 (3): 490-502.

NEWCOMER, M. H. y G. G. SIEVEKING. 1980. Experimental flake scatter-patterns: a new interpretative technique. *Journal of Field Archaeology* 7 (3): 345-352.

ONTAÑÓN, R. 2003. Sols et structures d'habitat du Paléolithique Supérieur, nouvelles données depuis les Cantabres: la Galerie Inférieure de La Garma (Cantabrie, Espagne). *L'Anthropologie* 107: 333-363.

ORTON, C. 2004. Point pattern analysis revisited. *Archeologia e Calcolatori* 15: 299-315.

OTTE, M. 2012. The management of space during the Paleolithic. *Quaternary International* 247: 212-229.

PASTOORS, A. y G.-C. WENIGER. 2011. Cave art in context: methods for the analysis of the spatial organization of cave sites. *Journal of Archaeological Research* 19 (4): 377-400.

RIPLEY, B. D. 1981. *Spatial statistics*. John Wiley & Sons, New York.

ROZAS, V. y J. J. CAMARERO. 2005. Técnicas de análisis espacial de patrones de puntos aplicadas en ecología forestal. *Investigación agraria: sistemas y recursos forestales* 14 (1): 79-97.

SANZ, N. 1993. Para una lógica social del espacio en prehistoria. *Complutum* 4: 239-252.

SAYER, D. y M. WIENHOLD. 2013. A GIS-investigation of four early anglo-saxon cemeteries: Ripley's K-function analysis of spatial grouping amongst graves. *Social Science Computer Review* 31 (1): 71-89.

SCHIFFER, M. B. 1987. *The formation processes of the archaeological record*. University of New Mexico Press, Albuquerque.

SCHICK, K. D. 1986. *Stone Age sites in the making: experiments in the formation and transformation of archaeological occurrences*. BAR International Series 319, Archaeopress, Oxford.

STOYAN, D. 2006. Fundamentals of point process statistics. En *Case studies in spatial point processes modelling*, editado por A. Baddeley, P. Gregori, J. Mateu, R. Stoica y D. Stoyan, pp. 3-22. Lecture Notes in Statistics volume 185, Springer Science, New York.

THIÉBAUT, C.; M.-P. COUMONT y A. AVERBOUH. 2010. The taphonomic approach: an archaeological necessity. En *Mise en commun des approches en taphonomie. Actes du workshop nº 16 – XVe congrès international de l'UISPP, Lisbonne, septembre de 2006*, coordinado por C. Thiébaut, M.-P. Coumont y A. Averbouh, pp. 21-28. Paléo, Supplément nº 3.

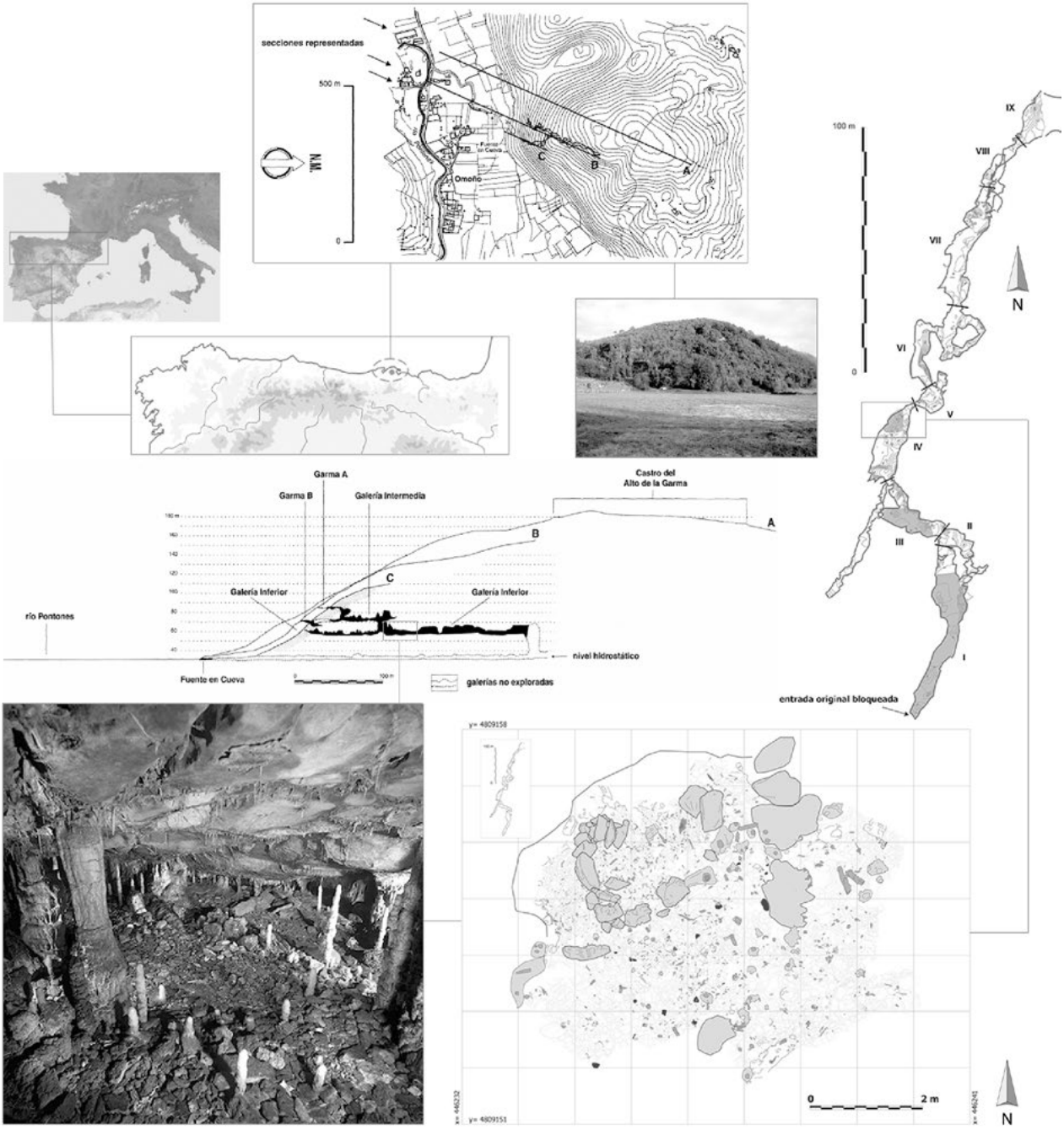


FIGURA 1: SITIO ARQUEOLÓGICO *GALERÍA INFERIOR DE LA GARMA*, SITUADO EN LA COSTA CÁNTABRA, EN EL NORTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA. ***MITAD SUPERIOR:*** LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA (IZQUIERDA Y CENTRO), SECCIÓN Y PLANTA COMPLETAS DE TODA LA GALERÍA (MITAD CENTRAL Y DERECHA). ***MITAD INFERIOR:*** ASPECTO DE LA ZONA IV DE LA *GALERÍA INFERIOR* EN FOTOGRAFÍA (IZQUIERDA) Y PLANTA (DERECHA), DONDE PUEDEN APRECIARSE LAS CONSTRUCCIONES. FOTOGRAFÍAS: PEDRO SAURA. PLANIMETRÍAS: LUIS C. TEIRA.

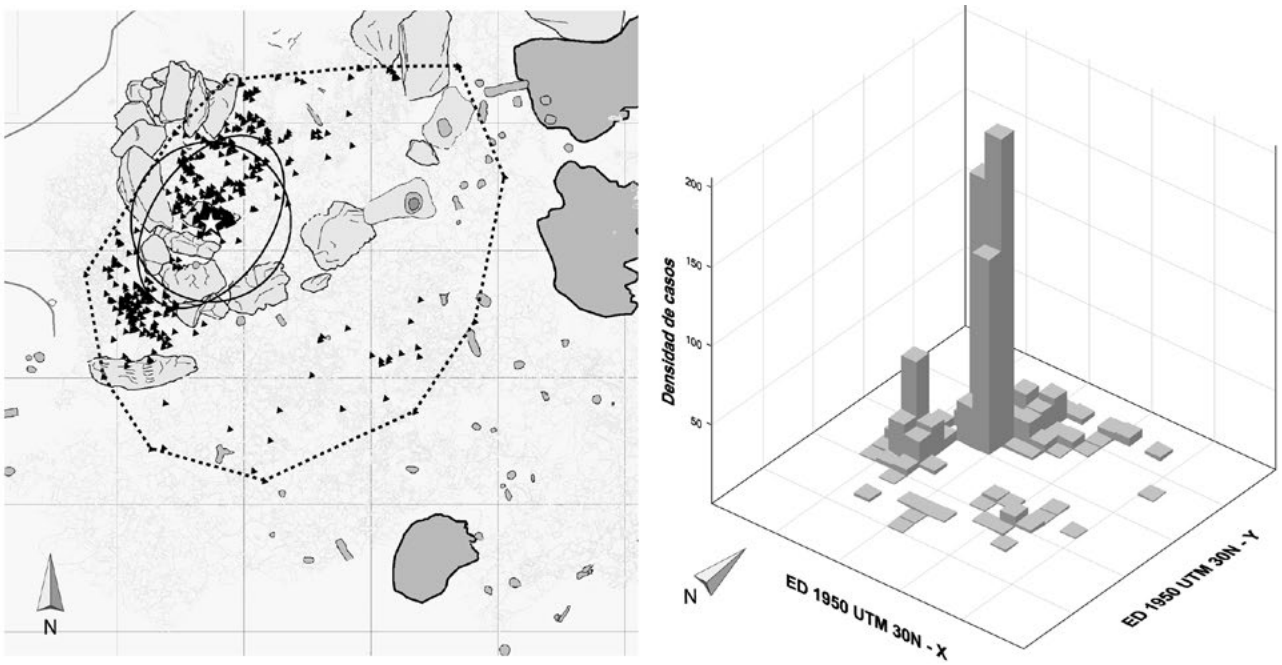
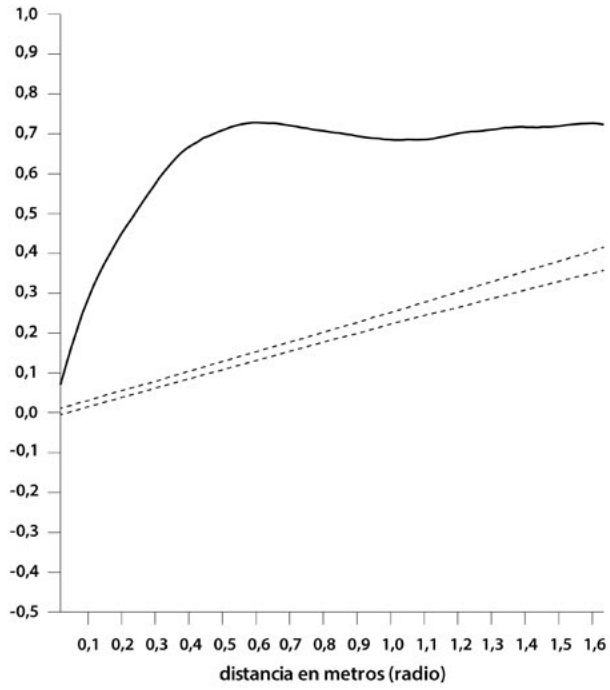


Figura 2: descriptores estadísticos básicos para la distribución de restos de talla; cada cuadro es 1 m^2. ***Izquierda:*** mapa transversal de la Zona IV, en él se señala el área máxima que ocupa la distribución de RT mediante un polígono con trazado discontinuo (*convex hull*); la estrella blanca indica el eje central mientras el círculo y la elipse incluyen aquellos casos ubicados a 1 desviación típica. ***Derecha:*** histograma en el que la intensidad por unidad de superficie es indicada por una tercera dimensión (altura); los intervalos usados son de 25 cm.



vecino más próximo :	**RT**
Distancia media	*0,0408*
Distancia esperada	*0,0736*
R	0,5553
***p* (aleatoriedad)**	< 0,05

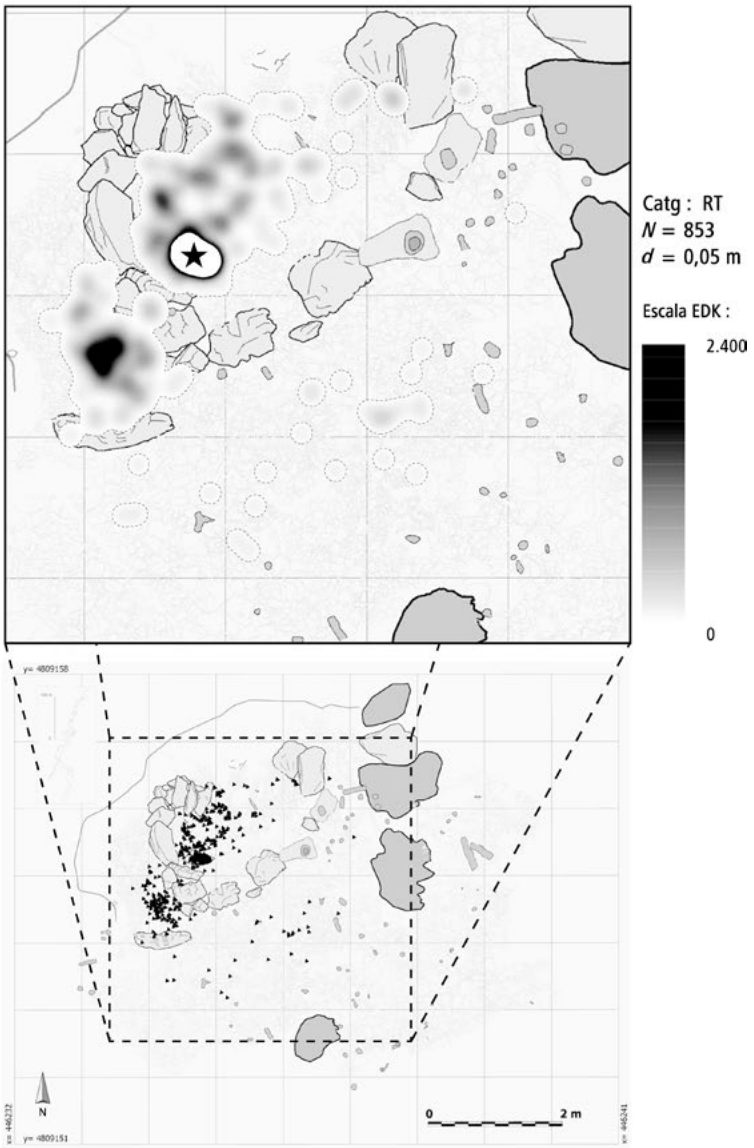


FIGURA 3: COMPONENTES DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA DISTRIBUCIÓN DE RESTOS DE TALLA. ***ARRIBA IZQUIERDA:*** FUNCIÓN *K DE RIPLEY* (LÍNEA CONTINUA) APLICADA SOBRE UN ÁREA MUESTRAL DE 16,5 m^2 (EXTENSIÓN 6 M MAYOR DE LA QUE LE CORRESPONDE, EL REAJUSTE PRODUCE UNA PENDIENTE ASCENDENTE); LAS LÍNEAS PUNTEADAS DELIMITAN EL UMBRAL DE CSR PARA UNA PROBABILIDAD DEL 95%. ***ARRIBA DERECHA:*** MAPA TRANSVERSAL AMPLIADO DE LA ZONA IV DONDE SE REPRESENTA LA *ESTIMACIÓN DE DENSIDAD KERNEL* CALCULADA BAJO PARÁMETROS GAUSSIANOS PARA UN RADIO DE 5 CM; LA ESTRELLA SEÑALA LA ACUMULACIÓN DE CASOS SOBRE LA PIEDRA EN EL SUROESTE DE LA ESTRUCTURA B, LA CUAL SOBREPASA LA ESCALA USADA PARA RT Y LA, LLEVANDO A LA FUNCIÓN *KERNEL* HASTA VALORES MAYORES A 30.500. ***ABAJO IZQUIERDA:*** TABLA CON EL RESULTADO PARA *VECINO MÁS PRÓXIMO*; EL COEFICIENTE *R* Y EL VALOR *P* SON COHERENTES CON EL RESULTADO MOSTRADO AL INICIO DEL GRÁFICO *K DE RIPLEY*, SI BIEN ES ALGO DISTINTO DEBIDO A QUE EN NNA LA BASE DE MEDIDA SON DISTANCIAS Y NO DENSIDADES. ***ABAJO DERECHA:*** MAPA GENERAL DE LA ZONA IV CON LA DISTRIBUCIÓN DE RESTOS DE TALLA.

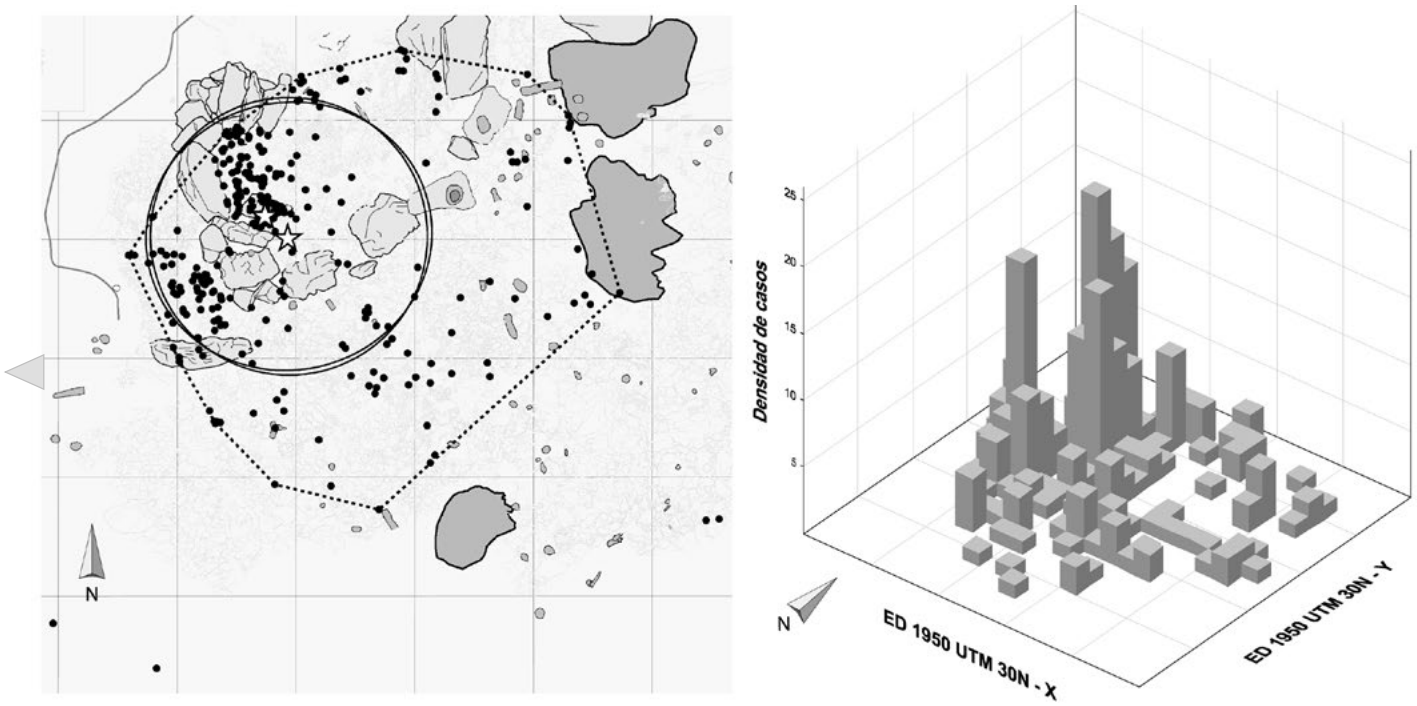
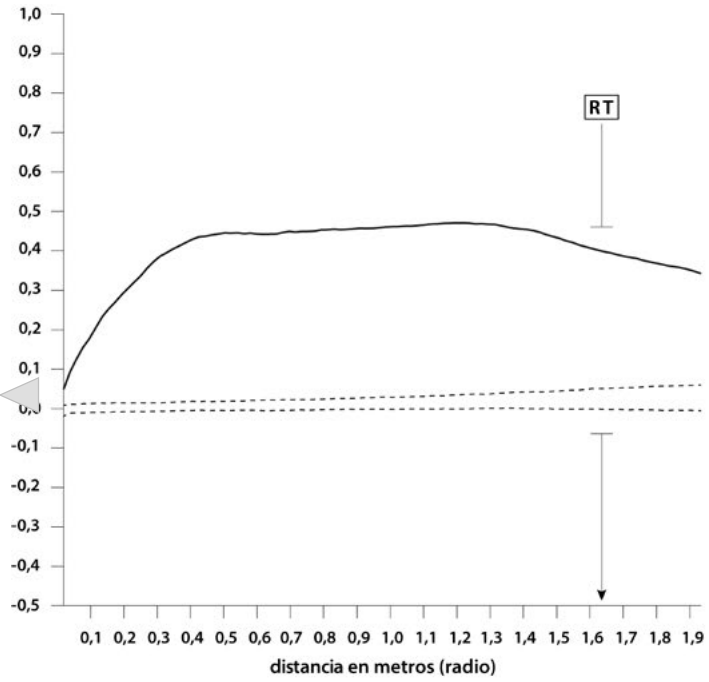


FIGURA 4: DESCRIPTORES ESTADÍSTICOS BÁSICOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LASCAS Y LÁMINAS; LOS CUATRO INDIVIDUOS EMPLAZADOS MÁS AL SUROESTE Y AL ESTE (FUERA DEL PERÍMETRO DISCONTINUO) SE HAN EXCLUIDO DE LOS CÁLCULOS POR CONSIDERARSE CASOS EXTREMOS (*OUTLIERS*). CADA CUADRO ES 1 M^2. ***IZQUIERDA:*** MAPA TRANSVERSAL DE LA ZONA IV, EN ÉL SE SEÑALA EL ÁREA MÁXIMA QUE OCUPA LA DISTRIBUCIÓN DE LA MEDIANTE EL TRAZADO DISCONTINUO (*CONVEX HULL*); LAS ESTRELLAS BLANCAS INDICAN LOS EJES CENTRALES MIENTRAS EL CÍRCULO Y LA ELIPSE INCLUYEN LOS CASOS UBICADOS A 1 DESVIACIÓN TÍPICA. ***DERECHA:*** HISTOGRAMA EN EL QUE LA INTENSIDAD POR UNIDAD DE SUPERFICIE ES INDICADA POR UNA TERCERA DIMENSIÓN (ALTURA); LOS INTERVALOS USADOS SON DE 25 CM.



vecino más próximo :	LA
Distancia media	*0,0708*
Distancia esperada	*0,0988*
R	0,7170
p (aleatoriedad)	< 0,05

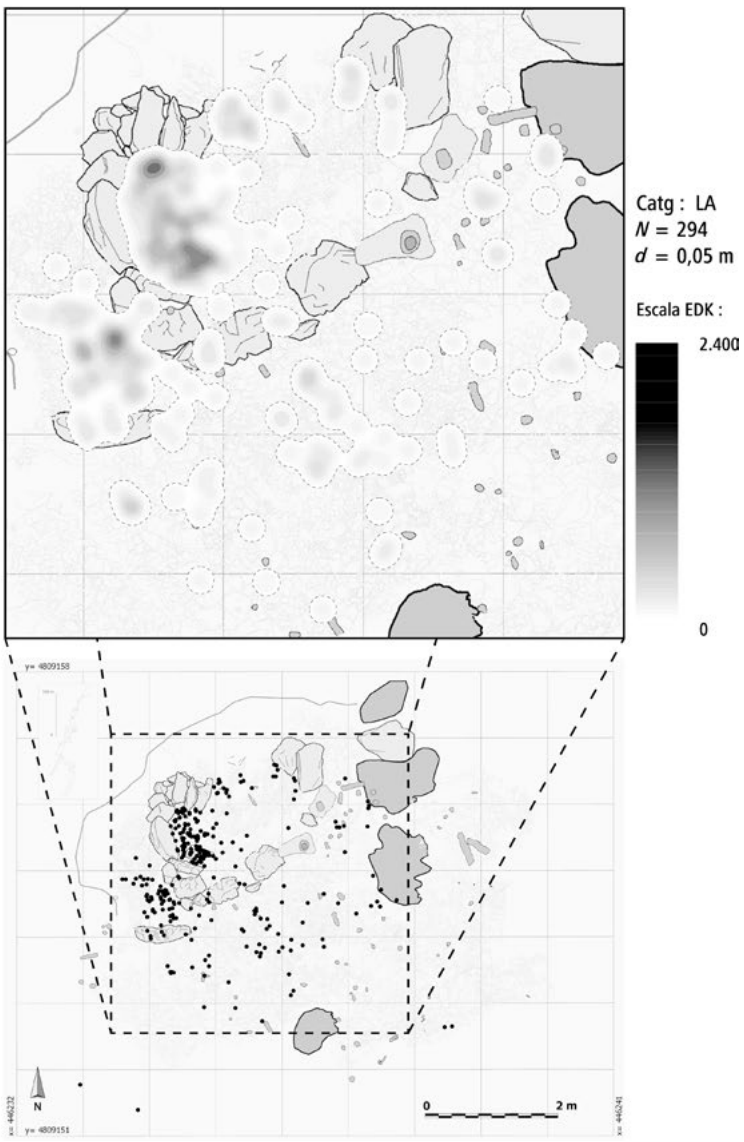
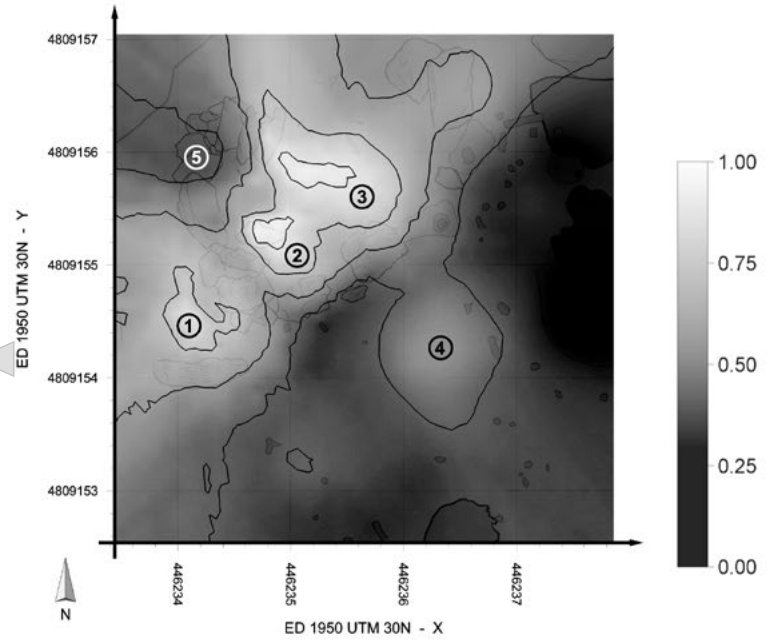


FIGURA 5: ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA DISTRIBUCIÓN DE LASCAS Y LÁMINAS. ***ARRIBA IZQUIERDA:*** FUNCIÓN *K DE RIPLEY* (LÍNEA CONTINUA, LA DISCONTINUA MARCA EL UMBRAL DE CSR PARA UNA PROBABILIDAD DEL 95%) APLICADA SOBRE UN ÁREA MUESTRAL DE 16,5 M^2 (EXTENSIÓN CASI IGUAL A LA QUE LE CORRESPONDE, EL REAJUSTE APENAS PRODUCE NINGUNA MODIFICACIÓN); LA EXTENSIÓN ESPACIAL DE LA ES MAYOR QUE EN RT, RAZÓN POR LA QUE LA FUNCIÓN CALCULA DISTANCIAS MAYORES A LAS VISTAS EN LOS RESTOS DE TALLA (SE INDICA EL LÍMITE DE RT). ***ARRIBA DERECHA:*** MAPA TRANSVERSAL AMPLIADO DE LA ZONA IV DONDE SE REPRESENTA LA *ESTIMACIÓN DE DENSIDAD KERNEL* CALCULADA BAJO PARÁMETROS GAUSSIANOS PARA UN RADIO DE 5 CM. ***ABAJO IZQUIERDA:*** TABLA CON EL RESULTADO PARA NNA; EL COEFICIENTE *R* Y EL VALOR *P* SON COHERENTES CON EL RESULTADO MOSTRADO AL INICIO DEL GRÁFICO *K DE RIPLEY*. ***ABAJO DERECHA:*** MAPA GENERAL DE LA ZONA IV CON LA DISTRIBUCIÓN DE LASCAS Y LÁMINAS.



	RT		LA	
	N	%	N	%
A	148	70,14	63	29,86
		17,35		*21,80*
B	669	81,88	148	18,12
		78,43		*51,21*
Exterior	29	30,53	66	69,47
		03,40		*22,84*
Sectores *	846	75,33	277	24,67
		99,18		*95,85*
Total Zona IV	853	74,69	289	25,31
		100,00		*100,00*

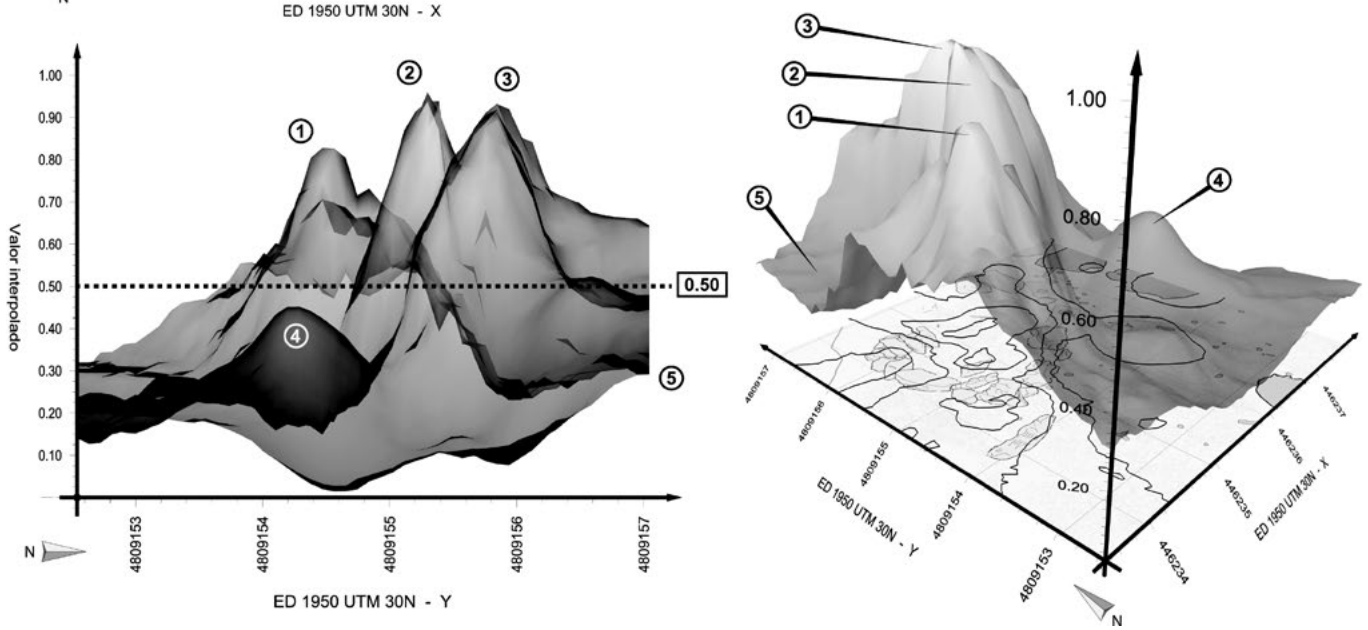


FIGURA 6: CAMPO DE ALTURAS RESULTANTE DE LA INTERPOLACIÓN POR DISTANCIA INVERSA, LA CUAL CUENTA CON UN PARÁMETRO DE SUAVIZADO Δ = 0,1 . INDICACIONES: NÚM. 1, ACUMULACIÓN DE RT EN EL CENTRO DE LA ESTRUCTURA A; NÚM. 2, CONCENTRACIÓN DE RT SOBRE LA PIEDRA SUROESTE DE B; NÚM. 3, PRESENCIA DE RT AL NORESTE DE LA PIEDRA SUROESTE DE B; NÚM. 4, PRESENCIA POCO SIGNIFICATIVA DE RT EN EL EXTERIOR; NÚM. 5, PRESENCIA DE LA A LA PAR QUE AUSENCIA DE RT EN LA ESQUINA NOROESTE DE LA ESTRUCTURA B. ***ARRIBA IZQUIERDA:*** PROYECCIÓN ORTOGRÁFICA TRANSVERSAL. ***ARRIBA DERECHA:*** TABLA EN LA QUE SE INCLUYE EL NÚMERO DE INDIVIDUOS Y PORCENTAJES DE CADA CATEGORÍA ORDENADOS POR SECTORES ESPACIALES; LOS PORCENTAJES EN GRIS RESPONDEN A LA OPOSICIÓN RT *VERSUS* LA, MIENTRAS QUE LOS MARCADOS EN BLANCO (Y CURSIVA) SON LA CANTIDAD RELATIVA PRESENTE EN CADA SECTOR RESPECTO AL TOTAL DE LA CORRESPONDIENTE CATEGORÍA.[6] ***ABAJO IZQUIERDA:*** PROYECCIÓN ORTOGRÁFICA SAGITAL DEL LATERAL ESTE (ORIENTACIÓN SUR-NORTE); LA LÍNEA PUNTEADA SEPARA LAS REGIONES ESPACIALES QUE ESTÁN POR ENCIMA Y POR DEBAJO DE 0,5 (INDIRECTAMENTE RELACIONADO CON UN HIPOTÉTICO 50% EN LA TABLA INFERIOR DERECHA). ***ABAJO DERECHA:*** VISTA EN PERSPECTIVA DEL CAMPO DE ALTURAS DESDE EL SUROESTE.

	RT		LA	
	x	***y***	***x***	***y***
media central	34,745	55,223	34,945	55,024
med. geométrica	34,742	55,220	34,935	55,018
mediana central	34,760	55,272	34,715	55,188
centro mín. distancias	34,762	55,275	34,743	55,205
desviación estándar	0,407	0,479	0,850	0,796
desv. est. distancia	0,629		1,166	
desv. est. elipse	0,469	0,756	1,124	1,207
área de la elipse (m^2)	1,114		4,264	
área del círculo (m^2)	1,243		4,275	
densidad de puntos	ver histogramas			

TABLA 1: RESULTADOS DE LAS MEDIDAS DESCRIPTIVAS PARA LAS CATEGORÍAS RT Y LA CALCULADOS EN BASE A LOS EJES *X* , *Y* .

ARCHAEOPRESS OPEN ACCESS 2015:
ARQUEOLOGÍA Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN ESPACIAL: UNA PERSPECTIVA IBERO-AMERICANA
editores ALFREDO MAXIMIANO Y ENRIQUE CERRILLO-CUENCA

LA PERCEPCIÓN DEL ESPACIO INTERIOR EN LA CASA DEL ESTRÍGILO DE SEGEDA I (MARA, ZARAGOZA)

INNER SPACE PERCEPTION IN "THE STRIGIL HOUSE" AT SEGEDA I (MARA, ZARAGOZA, SPAIN)

Gloria Fernández García[1]

Resumen

El estudio del espacio doméstico, como parte de la teoría del microespacio, se plantea desde la arqueología como una forma de acercamiento a los procesos históricos desde la comprensión de la unidad doméstica. El desarrollo de esta arqueología doméstica está marcado por la aplicación de métodos analíticos de diferentes disciplinas; es el caso de la sintaxis espacial, que ha sido igualmente aplicada al registro arqueológico. Desde esta perspectiva se ponen en práctica estrategias analíticas concretas para estudiar la sintaxis espacial de la vivienda, es decir, para comprender el significado cultural de la articulación de los espacios interiores. Estos estudios se presentan como una forma de abordar el microespacio a partir del estudio de las relaciones entre sus espacios.

Presentamos una aplicación de los análisis sintácticos del espacio a la Casa del Estrígilo del asentamiento celtibérico de Segeda I, con la intención de comprender la lógica social implícita en esta vivienda de planta central de finales del s. III y primera mitad del siglo II a.C. De acuerdo con esta metodología abordaremos su estudio mediante un análisis de circulación, un análisis de accesos y un análisis de visibilidad.

Abstract

The study of domestic space arises from archaeology as a way to approach to historical process from individuals. The development of household archaeology is characterized by the application of analytics methods from others disciplines as space syntax analyses shown, with several cases of study of archaeological record. Specifics analytics strategies are implemented to study the houses space syntax that is to know the cultural meaning of inner spaces articulation of a house. This kind of studies is a chance to take microspace or intra-site analysis from the relations between the inner spaces of a house.

This paper presents an application of space syntax analysis to The Strigil House from the celtiberic site of Segeda I. Through a circulation analysis, an access analysis and a visibility analysis, we aim to understand the social logic beyond this central courtyard house from the Third – Second century B.C.

Palabras clave: análisis sintácticos del espacio, arqueología doméstica, microespacio o micro-escala, "Casa del Estrígilo" de Segeda I, casa de patio central.

Key words: space syntax analysis, household archaeology, microspace o intra-site analysis, "Strigil House" from Segeda I, central courtyard house.

INTRODUCCIÓN

El nivel de análisis del registro arqueológico en el que se encuentra la vivienda es el del denominado "microespacio" o "intra-site", que nos acerca a la comprensión de la Historia en el "tiempo corto", en el que tiene lugar la vida cotidiana de los individuos que es reflejo y motor de los cambios en los procesos históricos.

En la tradición de los estudios arqueológicos que se ocupan del análisis del microespacio y al hilo de aquellos que centran su interés sobre el factor humano, han surgido los métodos de análisis sintácticos del espacio o análisis de la percepción. Se desarrollan a partir de la comprensión del espacio como un elemento arquitectónico que a su vez está dotado de significado cultural. Esta perspectiva permite vincular la construcción con sus habitantes y desentrañar la relación subyacente entre las formas del espacio construido y la sociedad que lo habita. Su reciente aplicación en el

[1] Universidad de Zaragoza, Campus de Teruel. Ciudad Escolar s/n 44003, Teruel. gloriafg@unizar.es

ámbito arqueológico plantea nuevas posibilidades para el análisis del microespacio y la interpretación de los espacios domésticos en el transcurso de la historia.

A través de la aplicación de los análisis sintácticos del espacio en la Casa del Estrígilo del yacimiento protohistórico de Segeda I (Mara, Zaragoza), que presentamos en este trabajo, pretendemos acceder a la lógica social de la organización del espacio en esta vivienda de patio central y acercarnos así a las relaciones sociales que implica la adopción de este tipo de planta que difiere del resto de arquitectura doméstica que han descubierto las excavaciones de este asentamiento.

En una primera toma de contacto con los análisis sintácticos del espacio a través del caso de estudio descrito será posible analizar dicha metodología en función de los objetivos concretos del estudio del microespacio y realizar una descripción de la Casa del Estrígilo de acuerdo con esta perspectiva.

UN ACERCAMIENTO A LAS SOCIEDADES DEL PASADO DESDE LA MICROESCALA: UNA MIRADA SOBRE EL ESPACIO DOMÉSTICO

Los numerosos trabajos desarrollados durante las últimas décadas que han abordado desde la arqueología el estudio de la vivienda, desde distintas perspectivas, nos muestran cómo progresivamente el campo de estudio de la arqueología se ha ido ampliando hacia nuevos ámbitos, tradicionalmente despreciados, como el de la arquitectura doméstica. Los primeros trabajos en esta línea surgen impulsados por las nuevas oportunidades y los nuevos escenarios de análisis que se plantean hacia los años 70 a consecuencia de un cambio en las tendencias historiográficas.

En el debate historiográfico que tuvo lugar en este momento, el supuesto tradicional de que "la Historia es la política del pasado", es superado por la historia de las estructuras y cambios de las sociedades y culturas y el planteamiento de la historia como análisis y síntesis (Hobsbawm 2003: 265). Este enfoque sobre los procesos históricos implica el uso de nuevas fuentes como por ejemplo las referentes a la vida cotidiana, que han sido exploradas tanto por los historiadores de la Escuela de Annales, como por los marxistas británicos, sin olvidar la importancia del uso de fuentes alternativas en los "estudios culturales" (Tringham 2001: 6926; Bermejo 2012:141-142).

Este proceso que afecta a todas las ciencias sociales trasciende igualmente a la arqueología. A partir de los años 70, fundamentalmente de la mano de la arqueología espacial, se produce un cambio en el objeto y en la escala de estudio que implica una mirada hacia la vivienda o el espacio doméstico, que da lugar a la *household archaeology*, una arqueología de los espacios domésticos con nombre propio. El impulso a estos estudios desde la arqueología espacial fue decisivo, como sostiene Steadman (1996:12), porque el registro arqueológico del que parten, se corresponde con la categoría de la *microescala*, el mínimo nivel de resolución de la arqueología espacial, representado por las relaciones entre las estructuras arquitectónicas y los objetos que en ellas se encuentran (Clarke 1977).

La *household archaeology* se reivindicaba como reacción y ampliación de los propósitos de la Arqueología Social que habían desarrollado la arqueología procesual y los arqueólogos de orientación marxista: las explicaciones a los procesos de cambio en las culturas del pasado que, elaboradas dentro de estas corrientes, estaban basadas en el estudio de la "macro escala", la escala regional de análisis espacial, y que fijaban su atención en las relaciones que se producen en el nivel de los asentamientos, que hasta entonces eran la unidad mínima de descripción y análisis. La crítica a estos modelos explicativos parte del hecho de que en el estudio de los procesos que se producen a este nivel, es olvidada la escala en la que tienen lugar las interacciones entre los individuos y en consecuencia se produce una deshumanización del pasado (Tringham 2001: 6926). Por lo que se propone que la escala debía reducirse aún más dentro del registro arqueológico hasta alcanzar las viviendas como el nuevo objeto a explorar. Wilk y Rathje (1982: 617), consideraban que había llegado el momento para centrarse específicamente en lo que denominaban las unidades domésticas, es decir, afrontar el estudio de las escalas espaciales menores donde el análisis del uso del espacio y las relaciones que se producen a este nivel podrían proporcionarnos una imagen del pasado "humanizada". La introducción del factor humano en el registro arqueológico, comienza, según esta teoría, por inferir de los restos arquitectónicos y artefactos referentes al ámbito doméstico, unidades domésticas o conjuntos domésticos, que son analizados como la unidad básica de producción, y que sirven como puente para salvar las distancias entre las grandes teorías de cambio cultural y los estudios de materiales arqueológicos (Tringham 2001: 6926). A partir del reconocimiento de estas unidades mínimas de análisis, las unidades domésticas, será posible acceder a la economía del núcleo doméstico, las relaciones de género, la división del trabajo, la estratificación social, aspectos ideológicos o el análisis de los modos de vida (Clarke, 1977; Steadman 1996:52; Manzanilla 1990: 15). En definitiva, esta primera corriente de la arqueología del espacio doméstico utiliza el análisis espacial como metodología y la teoría social como marco interpretativo (Mañana et al., 2002:22).

Las propuestas analíticas de la arqueología doméstica que han surgido a raíz de este nuevo enfoque, han tomado caminos muy diversos dado el carácter multidimensional de las viviendas, como entidades físicas, sociales y simbólicas, como han sido definidas por algunos arqueólogos (Mañana et al. 2002: 28; Azcárate 2008:12). Las bases conceptuales y teóricas que

sustentan estudios a esta escala proceden de distintas disciplinas de las ciencias sociales, desde la geografía, la lingüística, la antropología o la etnología hasta la arquitectura, por solo citar los ejemplos más relevantes. A partir de la aplicación de los diferentes métodos analíticos que se proponen desde cada disciplina, han surgido varias propuestas de estudio del registro arqueológico y los diferentes modelos interpretativos que de estas propuestas se derivan, se han sustanciado en corrientes y tendencias que inciden sobre diferentes aspectos o facetas de los espacios domésticos.

Nos interesa destacar que en este panorama una serie de trabajos pone mayor énfasis en el análisis de la relación entre la sociedad y las construcciones domésticas, desarrollando el propósito que justificaba la reducción de escala, es decir, situar a los individuos como partícipes y protagonistas de los procesos históricos. De acuerdo con esta idea los análisis sintácticos del espacio doméstico, se presentan como una herramienta para la comprensión de la relación entre construcción y sociedad e introducen el componente humano a través del estudio de la percepción del espacio interior de los ambientes construidos, mediante análisis de las interrelaciones entre los espacios con el objetivo de conocer el significado de su organización.

La aplicación de este modelo interpretativo en arqueología ha tenido cierto desarrollo en la península ibérica, como muestran algunas publicaciones sobre análisis de espacios protohistóricos (López García, 2012; Mañana et al. 2002; Sánchez 1998), romanos (Bermejo, 2009, 2012) o medievales (Gutiérrez, 2012). Los objetivos de dicho análisis, según precisa Bermejo serán el estudio de "las formas en las que se vinculan y organizan los espacios de un conjunto arquitectónico, tratando de inferir aquellos aspectos de la estructuración social que pudieron influir en su diseño" (Bermejo 2009: 50).

CASO DE ESTUDIO : LA SINTAXIS ESPACIAL DE UNA CASA DE PATIO CENTRAL, LA CASA DEL ESTRÍGILO

Con la intención de desentrañar las relaciones sociales y los cambios que se producen durante el periodo anterior al abandono de la ciudad celtibérica de Segeda en el año 153 a.C., abordaremos el análisis sintáctico de una casa de patio central de este yacimiento que responde a un nuevo esquema arquitectónico sintomático de dicho proceso de cambio.

Las excavaciones arqueológicas realizadas hasta la actualidad se han localizado en siete áreas del entorno delimitado en las prospecciones arqueológicas como yacimiento. Esto ha permitido obtener una imagen, si bien fragmentaria, bastante amplia del urbanismo y la arquitectura de Segeda I donde el descubrimiento de la Casa del Estrígilo contrasta con el resto de viviendas, sencillas y de escasa compartimentación interior, por sus grandes dimensiones y su planta organizada entorno a un patio central. La cronología de los niveles de abandono de esta vivienda concuerda con la datación del conjunto del yacimiento de Segeda I en el que se encuentra (siglos III y primera mitad del siglo II a.C. - año 153 a.C. como fecha *terminus ante quem*) y con los materiales y el sistema constructivo empleado - zócalos de caliza y yeso con muros de adobe y tapial-, los mismos que los utilizados en el resto del asentamiento. Sin embargo, la estructura de la planta y la forma en la que se articulan sus estancias alrededor de un espacio central abierto supone un elemento novedoso en este yacimiento y en el ámbito de la Celtiberia (Burillo 2010).

El patio es un elemento presente en la arquitectura doméstica mediterránea adoptado y adaptado por varias culturas. La arquitectura doméstica fenicia (Helas 2009), la casa itálica de atrio (Jolivet 2011), las casas griegas de patio central y algunas casas destacadas del ámbito ibérico (Belarte 2009; Sala y Abad 2006) y otras del sur de Francia (Dietler et al. 2008), tienen en común este espacio interior. Sin embargo, su aparición en este contexto supone una ruptura con los esquemas tradicionales de arquitectura doméstica y nos permite suponer que durante la última fase del asentamiento, se produjo una serie de cambios en la sociedad celtibérica que habitaba en Segeda, que se materializaron en la adopción de nuevos modelos constructivos influenciados por la cultura mediterránea durante este periodo previo a la imposición del poder romano en el Mediterráneo y en la Península Ibérica.

Con la aplicación de las estrategias analíticas de la sintaxis espacial a la "Casa del Estrígilo", pretendemos explorar la lógica social del espacio doméstico celtibérico, en el contexto de los cambios culturales y sociales que se establecen con anterioridad al 153 a.C.

Los análisis sintácticos comprenden una serie de métodos cualitativos y cuantitativos destinados a la comprensión de las dinámicas sociales implícitas en los espacios domésticos en base a su representación planimétrica. En consecuencia, la documentación del registro arqueológico que entra en juego son por un lado los muros, como elementos que marcan los límites y por otro, los umbrales, puntos de accesos que sirven para conectar y relacionar los espacios. En la Casa del Estrígilo los procesos postdeposicionales han favorecido una conservación desigual del registro arqueológico (fig. 1). En el flanco noreste de la casa se conserva entre 80 y 60 cm del alzado de los muros, lo que ha facilitado la definición de casi todos los espacios y la identificación de sus entradas gracias a la buena conservación de los umbrales. En la parte oeste de la vivienda las estructuras están arrasadas por las labores agrícolas realizadas con el arado, que en ocasiones ha horadado a más profundidad que el nivel del suelo de la casa, de forma que las estancias 2 y 3 resultan más difíciles de definir. El análisis estratigráfico nos informa de una serie de cambios y remodelaciones que tuvieron lugar durante la ocupación de

esta vivienda. En este trabajo tendremos en cuenta la estructura de la casa y las funcionalidades que han podido asignarse a los espacios a partir del análisis de parte del registro arqueológico para el último momento de ocupación (fig. 2 y fig. 3).

Estrategias analíticas de la sintaxis espacial

En el término "sintaxis espacial" hay dos componentes conceptuales a partir de los cuales podemos definirlo. Por un lado, la concepción del espacio en arquitectura como un elemento perceptible a través de los sentidos es una idea que resurge a finales del siglo XIX y continúa durante el siglo XX (Van de Ven, 1981). Para Le Corbusier las plantas de las casas generan formas y controlan la disposición del volumen y el orden de la circulación.

Por otro lado, el concepto de sintaxis evidencia la influencia de la teoría lingüística de Saussure, según la cual, la capacidad de significación de los signos lingüísticos está condicionada por las relaciones que se establecen entre ellos, cómo se coordinan y unen las palabras para formar oraciones y expresar conceptos, objeto de estudio de la sintaxis.

La influencia de esta teoría en el estudio de la cultura da origen a la antropología estructuralista, que en su búsqueda de elementos significantes en la cultura recurre a la cultura material, donde la arquitectura se presenta como una forma dotada de significado cultural. Así lo propone A. Rapoport (1998) en sus trabajos, que considera el espacio arquitectónico como materialización de la cultura (Bermejo 2009: 49). Estas premisas han generado nuevos modelos de análisis para el estudio de la sintaxis espacial.

En primer lugar, los análisis de movimiento y circulación, desarrollados por Ching (1995), forman parte de la teoría arquitectónica del espacio. Se aproximan a la percepción del espacio a través del movimiento. "Es posible concebir la circulación como el hilo perceptivo que vincula los espacios de un edificio (…). Dado que nos movemos en el *tiempo*, a través de una secuencia de *espacios*, experimentamos un espacio con relación al *lugar* que hemos ocupado anteriormente y al que a continuación pretendemos acceder" (Ching 1995: 228).

En arqueología estos análisis se han orientado a la búsqueda de lugares de actividad en las viviendas (Sánchez 1998:73). Los recorridos, lineales por naturaleza, crean por exclusión áreas susceptibles de contener actividades. La observación de las secuencias espaciales a través de las zonas recorridas nos permitirá indagar en la utilización de los espacios.

En segundo lugar, los denominados *gamma analysis* o análisis de accesos, de acuerdo con la teoría sobre la lógica social del espacio de Hillier y Hanson (1984), están orientados a los espacios interiores de las construcciones. Si bien a nivel urbano las relaciones espaciales son de conexión (*alfa analysis*), el espacio interior es de por sí un espacio segregado que contiene más espacios discontinuos cuya vivencia se produce a nivel individual. Este hecho parte de dos principios, los límites como la materialización de niveles jerárquicos que organizan el espacio y que crean la dualidad dentro/fuera, pero también posibilitan los vínculos contigüidad y encuentro, basados en el movimiento, es decir, dan lugar a relaciones "transespaciales" (Ibid. 143-144). El edificio se presenta como una interfaz que por un lado controla la relación entre los visitantes y los habitantes, y por otro lado, permite el acceso a todas las partes interiores sin tener que salir de él.

3. Finalmente en los análisis de la percepción visual nos encontramos de nuevo con la misma reflexión sobre los límites, muros o planos verticales, que actúan "como segregadores de los espacios, y las aperturas en él aplicadas como elementos de control, su disposición condicionará qué grado de privacidad tiene un determinado espacio" (Mañana et al. 2002: 38).

La sintaxis espacial de la Casa del Estrígilo

Análisis de la circulación

Proponemos como un primer acercamiento a la percepción del espacio dentro de la Casa del Estrígilo un análisis de circulación de acuerdo con la teoría arquitectónica de Ching (1995). Desconocemos el entorno urbanístico de la vivienda y la topografía antigua para poder analizar la aproximación a la casa. En el interior de la vivienda la circulación permite un recorrido radial, condicionado por la organización central determinada por el patio interior, en torno al cual se agrupan 11 espacios, contiguos en algunos casos y en otros vinculados por el patio como espacio común. Se hace evidente que en este caso el patio es una parte orgánica de la estructura y al mismo tiempo es el elemento sobre el que ésta se desarrolla. Por otra parte, comprobamos que los accesos a las estancias generalmente situados hacia un lateral del plano de la entrada, crean por exclusión **áreas de actividad** en el interior de las estancias, que no estarían interrumpidas por la circulación y ocuparían la mayor parte del espacio interior de las mismas (fig. 4).

Análisis gamma o de accesos

La percepción del interior de una vivienda a través de su recorrido, se crea también por la diferente disposición de las conexiones entre las estancias. El análisis gamma de una vivienda de acuerdo con el tipo de relaciones que posibilitan las conexiones entre las "celdas internas", se expresa en diagramas de permeabilidad que miden la comunicación y el tipo de acceso entre los espacios, y dan valores a cada uno según su permeabilidad respecto a la entrada. Los umbrales que separan y comunican los espacios entre sí son el elemento clave en el análisis pues actúan como controladores de paso a un determinado ambiente (Mañana et al. 2002: 37). En estos diagramas o grafos las estancias se representan con nodos y los accesos o relaciones entre ellas con aristas. Para la realización de los grafos que representan los análisis de accesos en este trabajo se ha utilizado el programa AGRAPH[2].

Las formas de cuantificar las relaciones sintácticas a partir del análisis de accesos y permeabilidad se basan en el cálculo de una serie de índices numéricos (Manum et al. 2005). Los valores obtenidos cuantifican las diferentes relaciones sintácticas que se producen a partir de los análisis de accesos: el control que ejercen unos espacios sobre otros, la profundidad de los mismos, la integración entre ellos y su simetría o asimetría.

En el primer grafo sobre los valores de control (*Control Value, CV*), no se tiene en cuenta ninguna jerarquía ni dirección y los valores son asignados de forma equitativa a cada espacio. El cálculo es el siguiente: se asigna a cada nodo un valor de 1 que se reparte equitativamente sobre los espacios con los que conecta, de forma que el valor de control de cada nodo será igual a los valores que recibe de los otros. Los valores altos indicarán espacios controladores y los valores bajos espacios controlados.

En los diagramas sobre la Casa del Estrígilo se hace evidente que mientras los espacios con valores de control más bajos coinciden con las estancias periféricas (nodos 4 a 12), los espacios centrales, el patio (nodo 2) y el espacio adyacente (nodo 3), son controladores. A partir del espacio central controlador, el punto de entrada (nodo 0), el exterior de la casa, queda relegado por su posición igualmente a un espacio controlado desde los puntos centrales señalados, a partir de los cuales se configura una organización de control radial (fig.5) (tabla 1).

En el siguiente grafo, el cálculo del índice de la profundidad de los espacios (*Total Depth from a node, TDn*), se realiza a partir del total de la distancia del recorrido más corto desde un nodo o celda hasta cada uno de los otros. Los valores más altos indican puntos de difícil acceso. Los resultados de la aplicación de este análisis a nuestro estudio confirman la tendencia constatada según los valores de control (tabla 1).

Las estancias periféricas (nodos 4 a 12) son al mismo tiempo que lugares controlados, espacios con mayor dificultad de acceso, lo que les confiere mayor privacidad y apoya la hipótesis sobre su funcionalidad como habitaciones o estancias para el reposo (nodos 6, 7 y 8), que sus acabados y materiales dejaban intuir. Las estancias 1 y 3 (nodos 4 y 12) serían las más "públicas" de la vivienda, pudiéndose tratar de espacios de recepción o comensalidad (fig. 6).

Existen otros índices que se calculan a partir de la profundidad total (*Total Depht from node, TDn*), y que son meras manipulaciones matemáticas de este valor, cuya definición permite resaltar aspectos que a nivel visual se hacen menos evidentes en los gráficos. Por un lado la asimetría relativa (*Relative Asymmetry, RA*), que se calcula a partir de la profundidad total y del número de nodos del conjunto construido según la expresión empírica propuesta por Manum (2005: 2). Este índice, que se expresa con valores entre 0 y 1, describe la relación entre la accesibilidad de la unidad espacial y el principio matemático de la simetría-asimetría en la relación entre los nodos (Bermejo 2009: 55), que ha sido teorizada por Hillier y Hanson (1984: 148).

La inversa de dicho valor (el valor de integración), permite resaltar, como es de esperar, que las habitaciones de mayor accesibilidad tienen valores de integración más elevados (patio, zaguán, etc.), mientras que las habitaciones periféricas tienen valores más bajos. Además, estas últimas tienen valores iguales o muy parecidos, que resaltan el carácter simétrico de la distribución y la poca segregación o separación de ambientes, lo que Bermejo (2012: 146) describiría como "un patrón de convivencia espacial estrecho" (tabla 1).

Otro valor calculado a partir de los anteriores es el de integración (*I*), que se obtiene a partir de la inversa de la Asimetría Relativa (*RA, Relative Asimmetry*), manipulación que permite potenciar las diferencias entre los valores. En los resultados obtenidos para la Casa del Estrígilo en general hay valores bajos bastante distribuidos, a excepción de los espacios centrales, patio, pórtico y zaguán, con valores altos diferenciados del resto (tabla 1).

[2] Software desarrollado por B. Manum, E. Rusten, P. Benze: AGRAPH, Software for Drawing and Calculating Space Syntax "Node-Graphs" and Space Syntax "Axial-Maps" (http://www.ntnu.no/ab/spacesyntax/ 12/07/2013). Universidad Noruega de Ciencia.

El grafico justificado de acuerdo con la profundidad y el acceso a las estancias, nos muestra de nuevo una distribución bastante simétrica en la que un espacio de acceso conduce a cuatro espacios conectados entre sí desde los que se accede a las salas periféricas y de más privacidad (habitaciones, cocina, almacén) (fig. 7).

Análisis de visibilidad

El análisis de la visibilidad se expresa en gráficos basados en el concepto de *isovista* que hace referencia al "área de un entorno construido, directamente visible desde una localización dentro de un espacio (un punto generador)" (Bermejo 2009:52). Hemos seguido el proceso elemental para elaborar estas *isovistas* que indica Bermejo (ibid.), por el cual trazamos una rejilla de puntos generadores distanciados unos de otros a 1.5 m de manera equidistante. De acuerdo con dos puntos interpretativos, la entrada y el patio, se proyectan todas las relaciones de visibilidad entre ellos teniendo en cuenta los muros que cortan esta visibilidad. Tradicionalmente, la interrupción de la visibilidad se interpreta en términos de privacidad. En nuestro ejemplo, los puntos interpretativos los hemos escogido en función de los espacios más controladores según el análisis gamma, es decir el patio y la entrada (fig. 8 y fig. 9). Las *isovistas* de la Casa del Estrígilo permiten comprobar que desde la entrada se hace visible el patio pero escasamente las diferentes dependencias, que igualmente se escapan del alcance visual desde el patio. Se confirma la privacidad de las estancias interiores respecto a los espacios centrales abiertos.

III. DISCUSIÓN: LA ARTICULACIÓN DEL ESPACIO DOMÉSTICO COMO ESPACIO SOCIAL

En este primer acercamiento a la sintaxis espacial que hemos presentado a través de su aplicación a la Casa del Estrígilo, podemos extraer una serie de aportaciones e ideas sobre la lógica de la vivienda analizada, pero también sobre el interés del uso de esta metodología en el análisis arqueológico de los espacios domésticos y de sus habitantes.

En primer lugar, de acuerdo con la nueva lectura a la que conduce el análisis sintáctico podríamos definir la Casa del Estrígilo como una vivienda cerrada respecto al exterior, y aislada de la trama urbana de la ciudad, gracias a su estructura de entrada con elementos intermedios como el zaguán o el patio entre el espacio exterior y el interior. Se produce una segregación entre el espacio público y el privado que podría denotar un nivel jerárquico entre el grupo de los habitantes de la casa respecto al resto de población de la ciudad; grupos que no solo se distinguen por la innovación que supone la introducción de este tipo de planta sino también por las características que se asocian a su estructura.

En el interior de la vivienda la presencia del espacio central, el patio, sirve para cohesionar el conjunto de las estancias, y cualquier recorrido en la casa nos conduce hacia él, por tanto sería un punto de confluencia o de encuentro. De acuerdo con los análisis gamma, la máxima integración de una estructura se consigue con el "gráfico tipo arbusto" (*bush graph*), organizado a partir de un espacio central que conecta de forma similar con las estancias adyacentes (Manum et al. 2005: 6), esquema que vemos reflejado en la vivienda de patio central. Podríamos decir incluso que el patio, en tanto que núcleo de la casa, tendría la misma función sintáctica que el verbo en la oración.

El resto de las funciones sintácticas que han resultado de este análisis sobre nuestro caso concuerdan con las funciones asignadas según el registro arqueológico. Sin embargo, para las estancias con mayor dificultad de interpretación según los datos de campo, la información que se puede alcanzar mediante el análisis de su conexión y su posición no es siempre esclarecedora y no podrá suplantar la falta de datos arqueológicos.

La sintaxis espacial como metodología de análisis arqueológico suscita una reflexión interesante sobre el propio registro arqueológico, sobre la localización de muros y vanos y las conexiones que permiten. El carácter de una estancia puede cambiar según la situación de su punto de entrada o su articulación con el resto. Nos acerca también a la percepción del espacio arquitectónico por sus habitantes, a nivel de privacidad, de circulación, de accesibilidad a las estancias. Sin embargo, la aplicación de estos análisis en arqueología está bastante limitada por el registro arqueológico, que en ocasiones no permite tener en cuenta elementos muebles que de igual manera influyen en la configuración del espacio interior. Por otro lado, en los valores que adquieren los espacios para el cálculo de sus relaciones, no se considera la superficie de las estancias, cuando entendemos que es un factor igualmente determinante en la percepción y para la interpretación.

En definitiva, si bien es un modelo analítico propio de la arquitectura, en arqueología se puede plantear como complementario ya que la interpretación y estudio de la arquitectura doméstica no puede prescindir de toda una serie de estudios (de arquitectura, de materiales, de estratigrafía…) dentro de los cuales se puede considerar igualmente la sintaxis espacial.

En este trabajo hemos planteado la aplicación de la sintaxis espacial a un caso concreto, que nos sugiere una serie de desarrollos futuros a raíz de las posibilidades que ofrece esta estrategia de análisis del espacio arquitectónico. En primer lugar, será necesario tener en cuenta el carácter diacrónico del registro arqueológico. Si este análisis se ha realizado

sobre la última fase de ocupación de la vivienda, en los siguientes trabajos deberíamos considerar las diferentes fases de ocupación, que se han reflejado en cambios estructurales de la misma, con la intención de analizar la dinámica y el cambio en esta unidad doméstica.

En segundo lugar, se podrían plantear nuevas líneas de análisis del espacio doméstico que tengan en cuenta aspectos como las proporciones y dimensiones de los espacios, como otro elemento arquitectónico que puede trasladarse a la interpretación arqueológica.

Finalmente, haría falta un análisis comparativo para enmarcar esta vivienda en el contexto de la implantación de la casa de patio central en el Mediterráneo Occidental durante el periodo helenístico. El análisis de las plantas a partir de esta perspectiva permitiría superar un análisis tipológico-descriptivo y proponer una caracterización de este tipo de vivienda no solo a partir de sus rasgos formales sino también de acuerdo con la lógica social en la que se genera. Para ello sería también necesario contrastar los resultados de este análisis con otros datos referentes a la estructura social.

BIBLIOGRAFÍA

AZCÁRATE, A. 2008. La arqueología de la arquitectura en el siglo XXI. *Arqueología de la Arquitectura*, enero-diciembre, 5: 11-13.

BELARTE, M.C.; BONET, H. y SALA, F. 2009. L'espai domèstic i l'organització de la societat ibérica: els territoris de la franja mediterrània. *L'espai domèstic i l'organització de la societat a la protohistòria de la Mediterrània occidental (1er millenni aC)* Actes de la IV Reunió internacional d'Arqueologia de Calafell. Ed. Universidad de Barcelona. Área de Arqueología. Institut Català d'Arqueologia Clàssic (Calafell-Tarragona, 6 al 9 de març de 2007): 93-123.

BERMEJO, J. 2009. Leyendo los espacios: una aproximación crítica a la sintaxis espacial como herramienta de análisis arqueológico. *Arqueología de la Arquitectura*, enero-diciembre, 6: 47-62.

BERMEJO, J. 2012. Análisis social de la arquitectura doméstica romana en la región del Alto Duero: una aproximación sintáctico-espacial. En *De la estructura doméstica al espacio social. Lecturas arqueológicas del uso social del espacio*, editado por S. Gutiérrez e I. Grau, pp. 141-154.Publicaciones Universidad de Alicante.

BURILLO, F. 2010. Influjos helenísticos en la ciudad celtibérica de Segeda I. *Serta Palaeohispanica en homenaje a J. de Hoz. Palaeohispanica* 10: 381-404

CHING, F.D.K. 2010. *Arquitectura: forma, espacio y orden*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona.

CLARKE, D. L. 1977. *Spatial Archaeology*, Londres-Nueva York-San Francisco.

DIETLER, M.; KOHN, A. MOYA A. Y RIVALAN A. 2008. Les maisons à cœur des IIIe-IIe av. J.-C. à Lattes : émergence d'une différentiation dans l'habitat indigène. *Lattara (Lattes, Hérault): nouvelles acquis, nouvelles questions sur une ville portuaire protohistorique et romaine. Gallia*, 65: 111-112.

GUTIÉRREZ, S. 2012. Gramática de la casa. Perspectivas de análisis arqueológico de los espacios domésticos medievales en la península Ibérica (siglos VII-XIII). *Arqueología de la Arquitectura*, enero-diciembre, 9: 139-164.

HELAS, S. 2009. Selinunt. Die Pünichen Häuser. En: *Phönizisches und punisches Städtewesen*. Editado por S. Helas y D. Marzoli, pp.289- 305.

HILLIER, B. Y HANSON, J. 1984. *The social logic of space*. C.U.P Cambridge.

HOBSBAWM, E. J. 2003. *Años interesantes: una vida en el siglo XX*. Ed. Crítica, Barcelona.

JOLIVET, V. 2011.*Tristes portiques: sur le plan canonique de la maison étrusque et romaine des origines au principat d'Auguste, VIe-Ier siècles*. École Française de Rome.

LÓPEZ, J. P., 2012, Arqueología de la arquitectura en el mundo vettón La Casa C de La Mesa de Miranda. Colección Arqueología y Patrimonio, 3. 2012. Madrid. prestado

MANUM, B.; RUSTEN, E. y BENZE. P. 2005. AGRAPH, Software for Drawing and Calculating Space Syntax Graphs, presented at the *5th Space Syntax Symposium*, Delft, June 2005.

MANZANILLA, L. 1990, Niveles de análisis en el estudio de unidades habitacionales. *Revista Española de Antropología Americana*, 20: 9-18, Universidad Complutense de Madrid.

MAÑANA, P.; BLANCO, R.; AYÁN, X. M., 2002, *Arqueotectura 1: Bases te*órico-metodológicas para una Arqueología de la Arquitectura. TAPA 25, Trabalhos de Arqueoloxia e Patrimonio. Santiago de Compostela, 2002. Laboratorio de Patrimonio, Paleoambiente e Paisaxe

RAPOPORT, A. 1998. Using culture in housing design. *Housing and society*, 25 (1 & 2), 1998

SALAS SELLÉS, F.; ABAD CASAL, L. 2006. Arquitectura monumental y arquitectura doméstica en la Contestania. *LUCENTUM XXV*: 23-46.

SÁNCHEZ, J. 1998. La arqueología de la Arquitectura. Aplicación de nuevos modelos de análisis a estructuras de la alta Andalucía en época Ibérica. *Trabajos de Prehistoria*, 55 (2): 89-109.

STEADMAN, S. R. 1996. Recent research in the Archeology of architecture: Beyond the Foundations". *Journal of Archaeological Research*, 4 (1): 51-93.

TRINGHAM, R. 2001. Household archaeology. *En International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*, editado por N. J. Smelser y P. B. Baltes, pp. 6925-6928. Pergamon Press, Oxford.

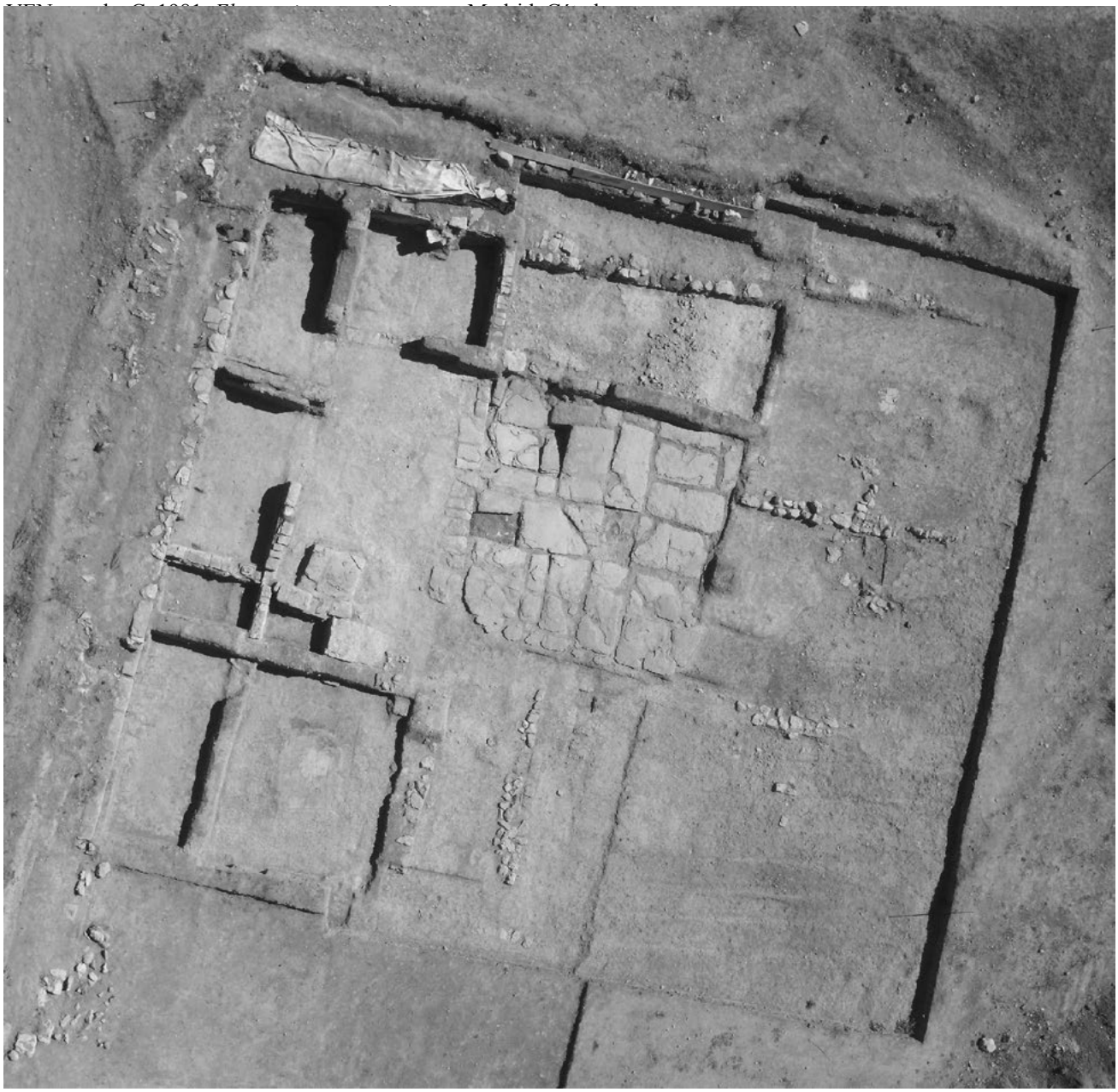


FIGURA 1. FOTOGRAFÍA aérea de la excavación de la Casa del Estrígilo de SEGEDA I.

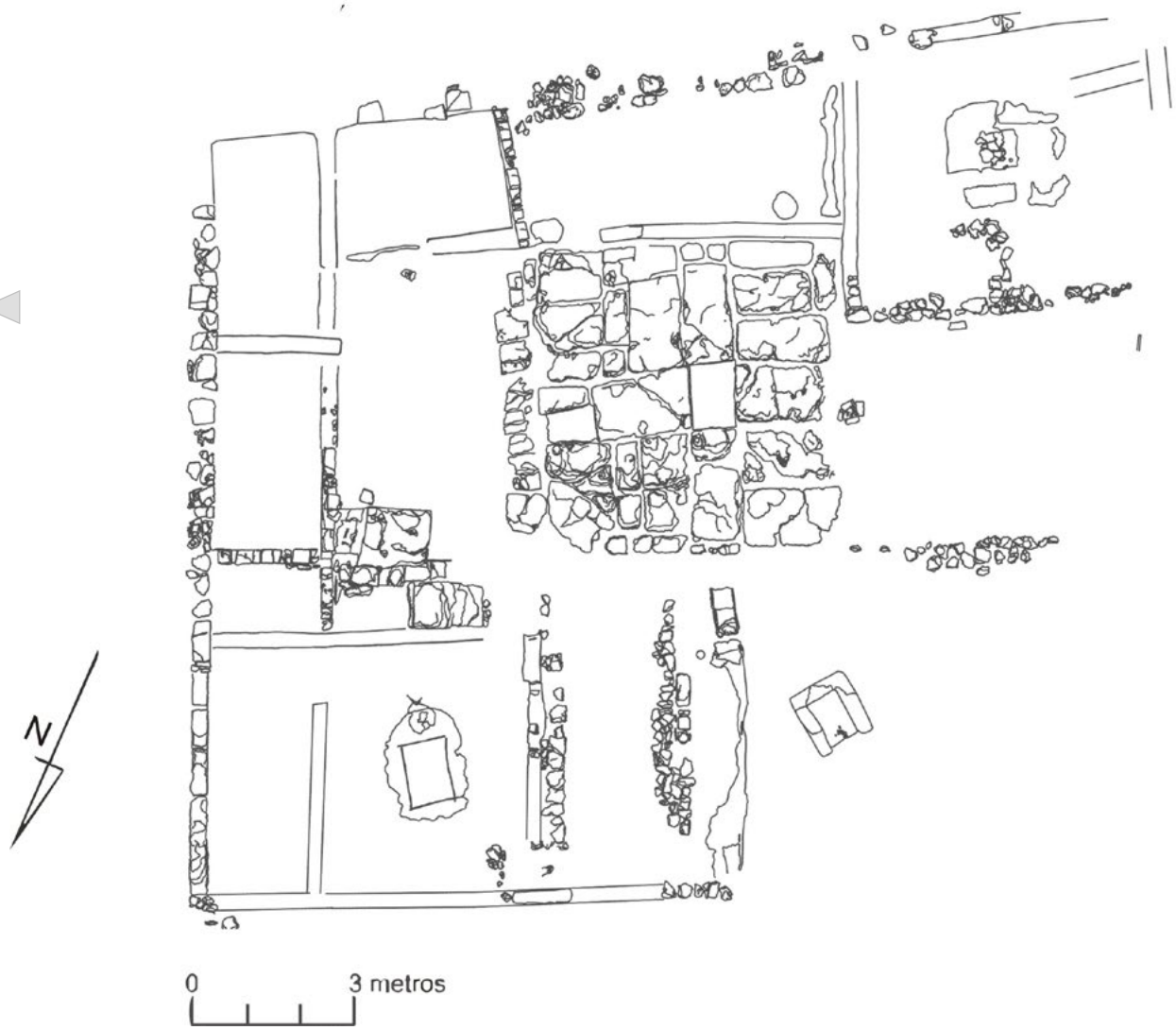


FIGURA 2. PLANIMETRÍA DE LA CASA DEL ESTRÍGILO.

FIGURA 3. PLANIMETRÍA DE LA CASA DEL ESTRÍGILO, CON ESQUEMA SUPERPUESTO DE LA PLANTA Y PROPUESTA DE CIERRE DE MURO ESTE EN LÍNEA DISCONTINUA.

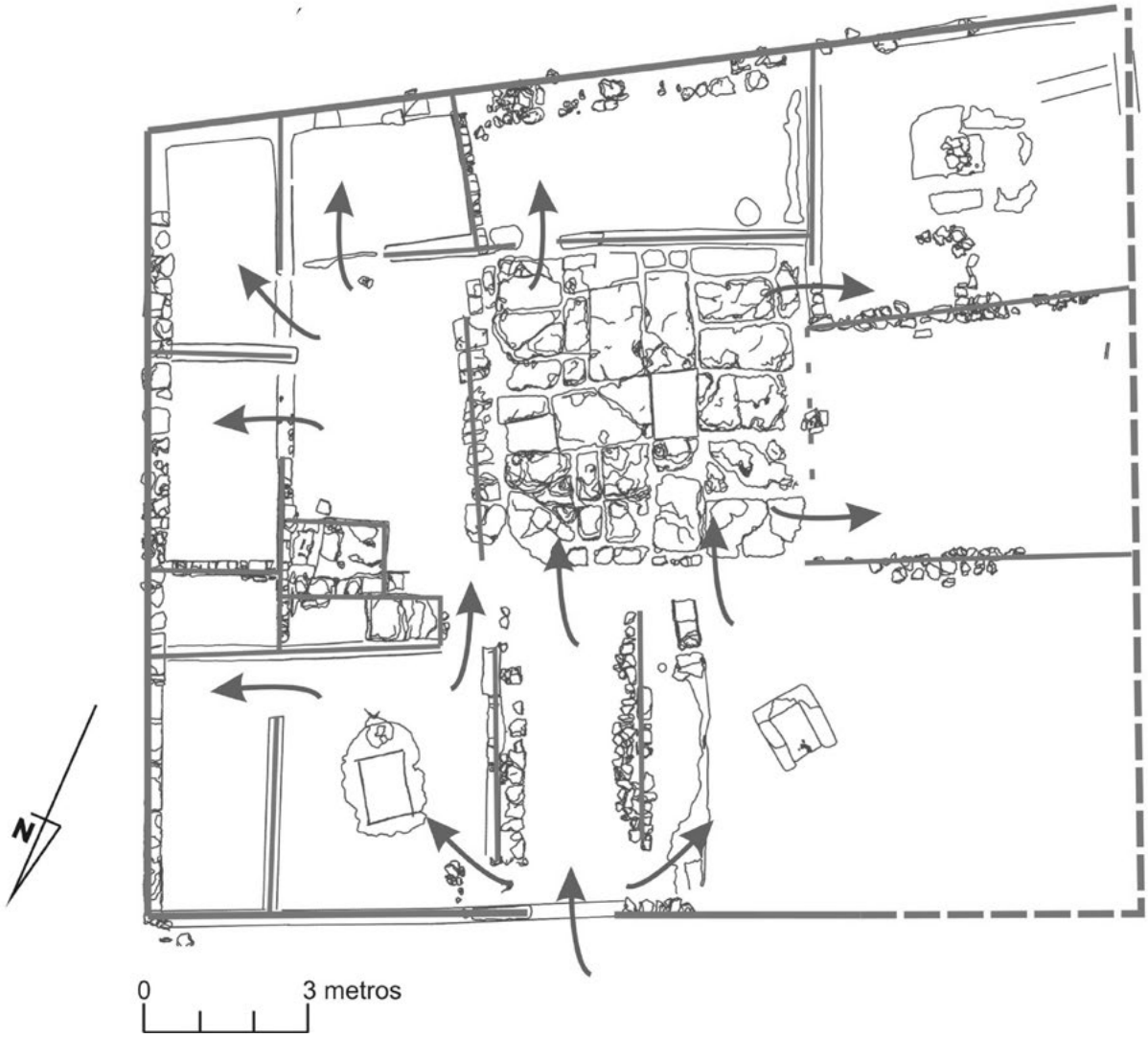


FIGURA 4. ANÁLISIS DE CIRCULACIÓN DE LA CASA DEL ESTRÍGILO.

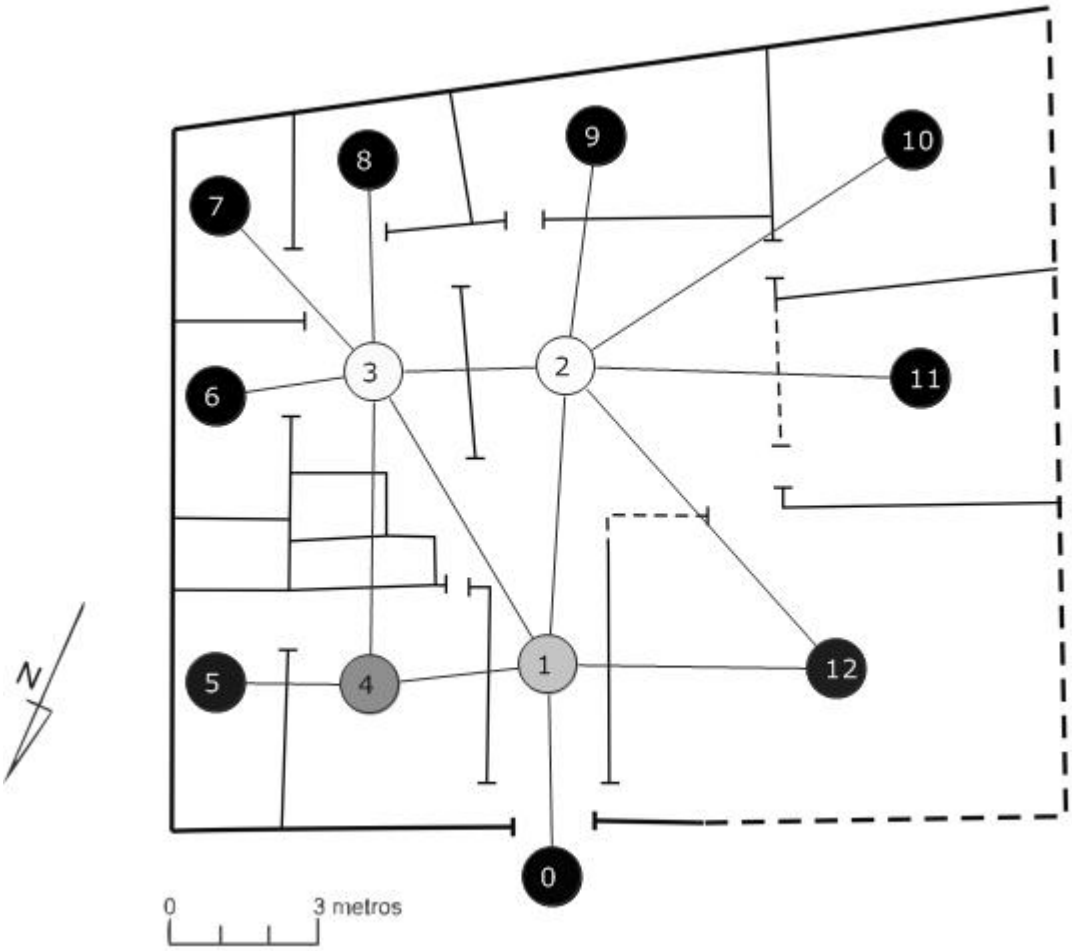


FIGURA 5. GRÁFICO DE ACCESIBILIDAD QUE REPRESENTA LOS VALORES DE CONTROL DE LAS ESTANCIAS DE LA CASA DEL ESTRÍGILO.

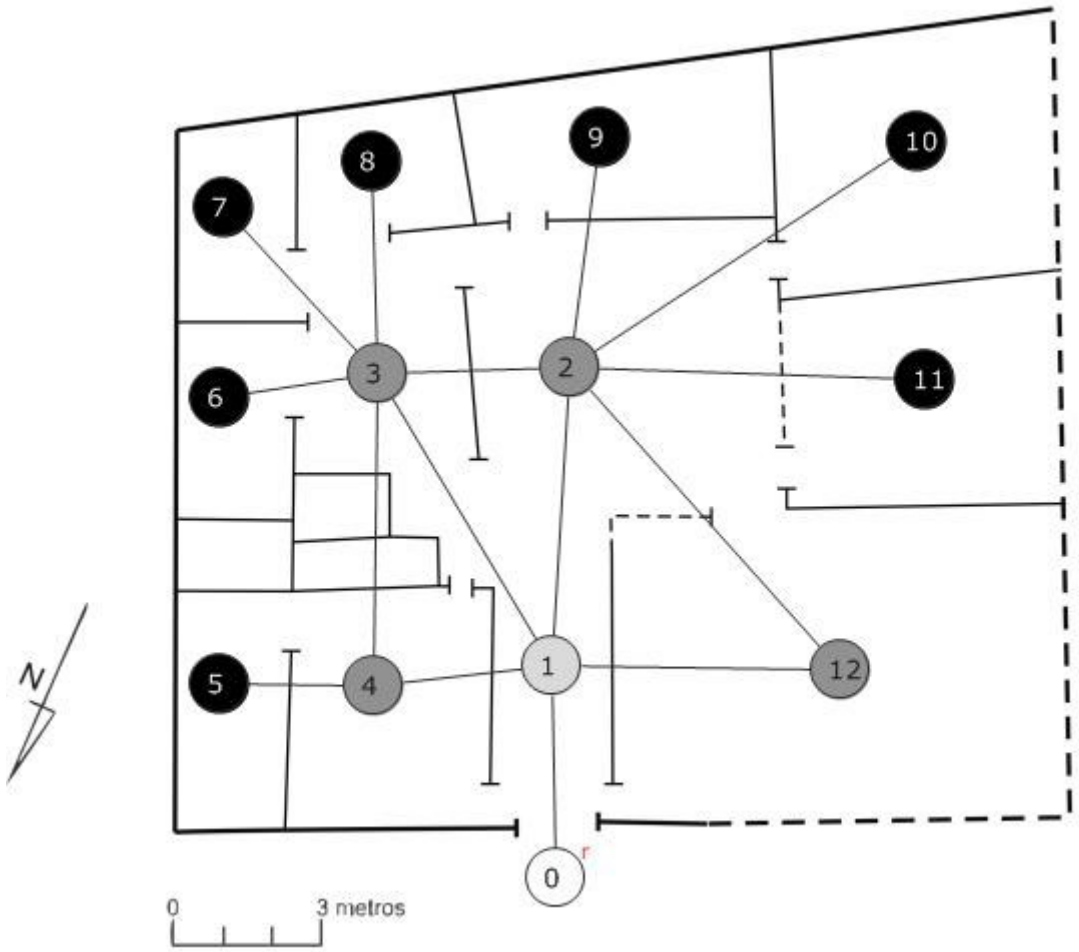


FIGURA 6. GRÁFICO DE ACCESIBILIDAD QUE REPRESENTA LOS VALORES DE PROFUNDIDAD ENTRE LAS ESTANCIAS DE LA CASA DEL ESTRÍGILO.

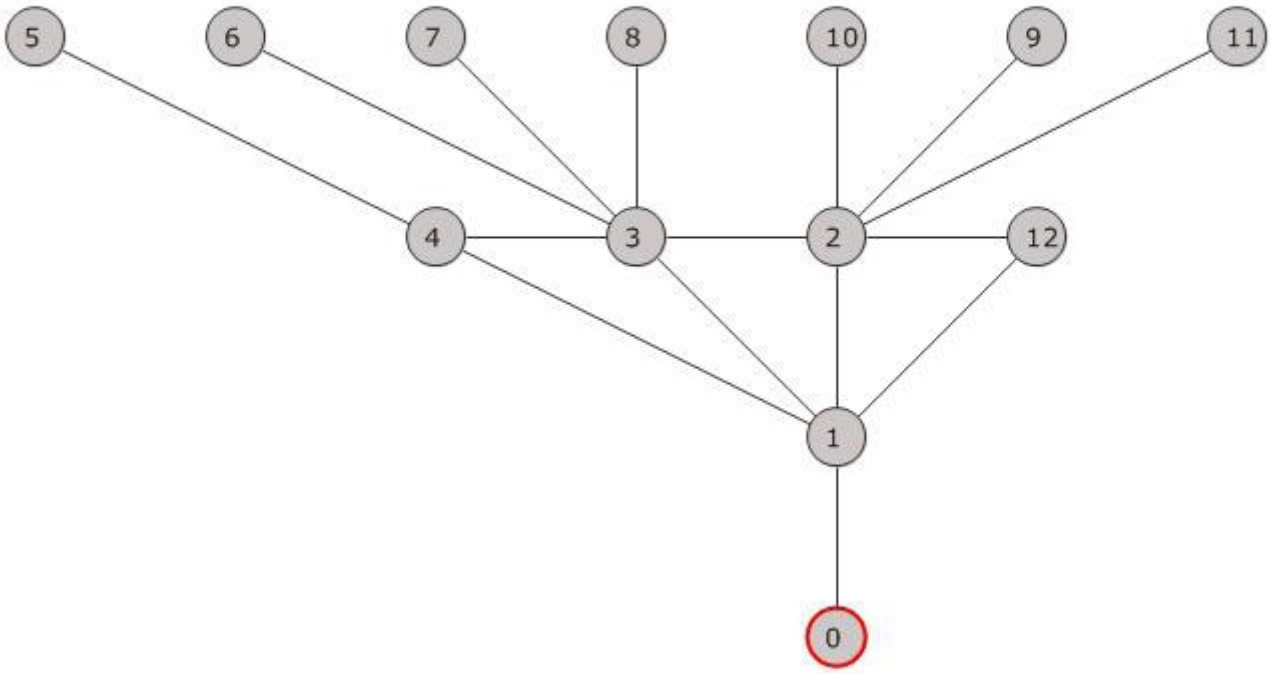


FIGURA 7. GRÁFICO DE ACCESIBILIDAD JUSTIFICADO DE LA CASA DEL ESTRÍGILO.

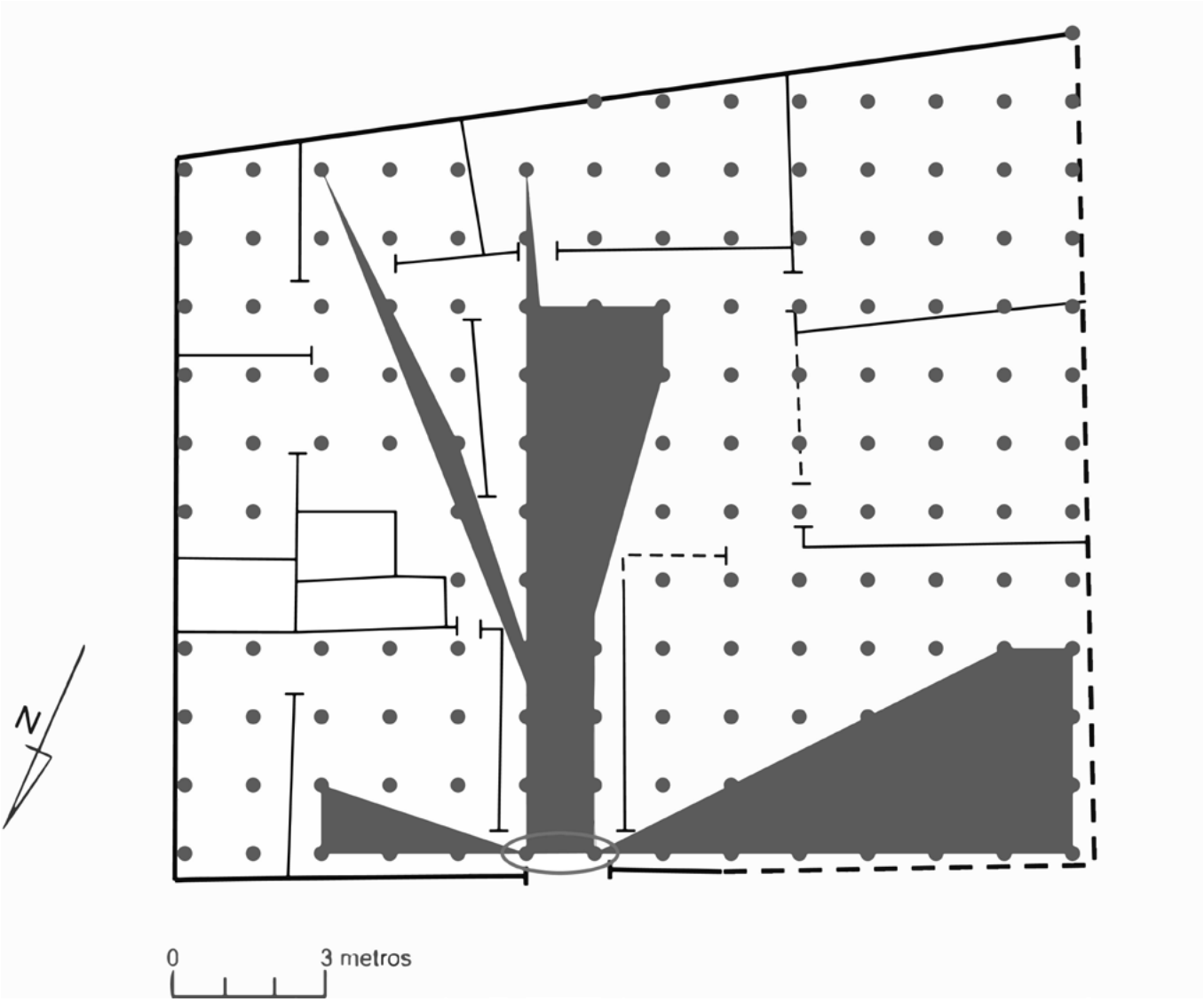


FIGURA 8. Área visible DESDE LA ENTRADA DE LA CASA DEL ESTRÍGILO.

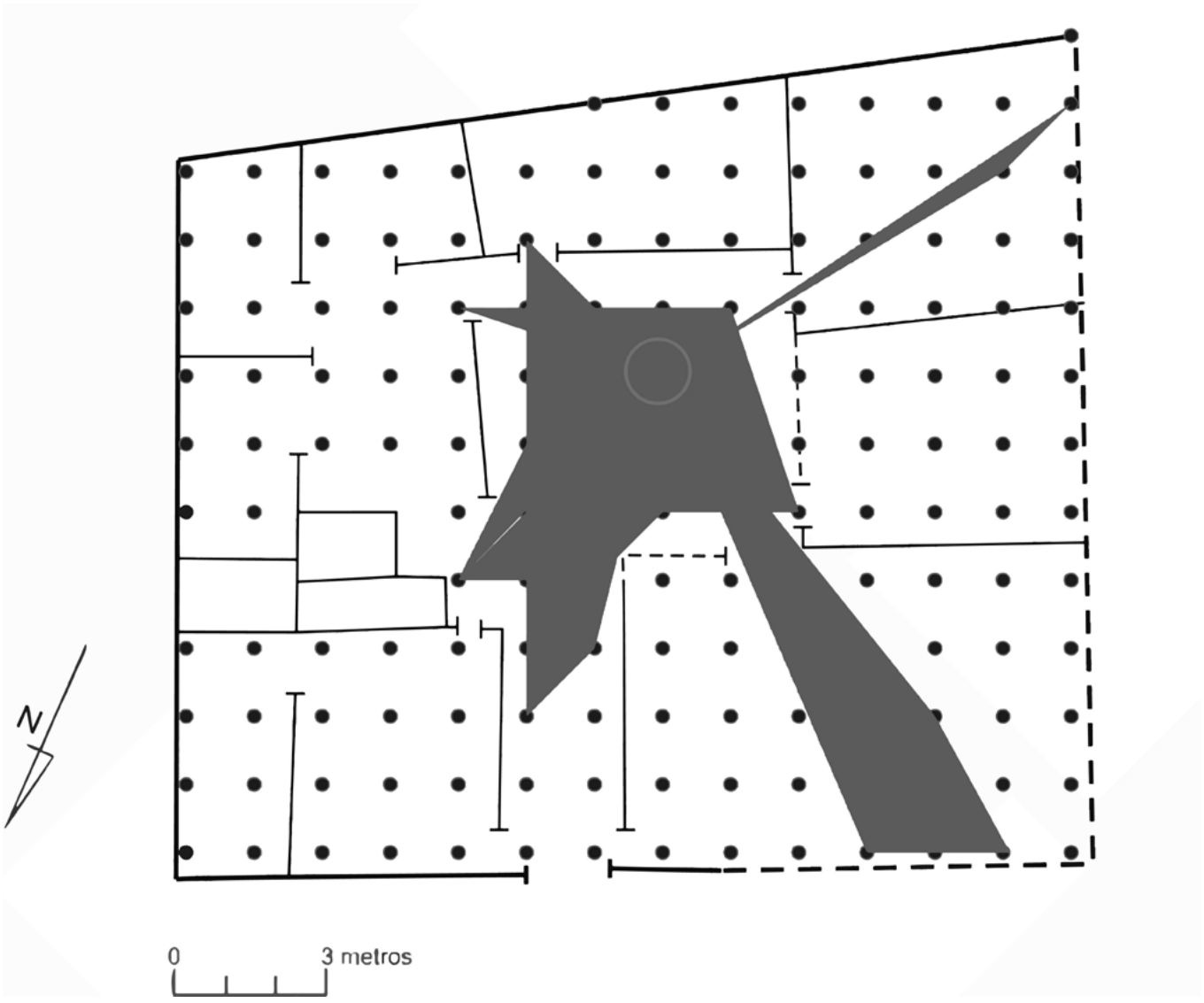


FIGURA 9. Área visible DESDE EL PATIO DE LA CASA DEL ESTRÍGILO.

Estancia	Nodo	CV Valor de control	TDn Profundidad Total	RA Asimetría Relativa	I Integración
Entrada	**0**	0,20	30	0,27	3,66
Zaguán	**1**	2,16	19	0,10	9,42
Patio	**2**	3,86	19	0,10	9,42
Pórtico	**3**	3,70	18	0,09	11,00
Estancia1	**4**	1,36	24	0,18	5,50
Almacén	**5**	0,33	35	0,34	2,86
Habitación 1	**6**	0,16	29	0,25	3,88
Habitación 2	**7**	0,16	29	0,25	3,88
Habitación 3	**8**	0,16	29	0,25	3,88
Taller	**9**	0,16	30	0,27	3,66
Cocina	**10**	0,16	30	0,27	3,66
Estancia 2	**11**	0,16	30	0,27	3,66
Estancia 3	**12**	0,36	26	0,21	4,71
	Min	0,16	18,00	0,09	2,86
	Media	**1,00**	**26,76**	**0,22**	**5,32**
	Max	3,86	35,00	0,34	11,00

TABLA 1: VALORES OBTENIDOS DEL CÁLCULO DE LAS RELACIONES DE CONTROL (CV), PROFUNDIDAD (TDN), ASIMETRÍA RELATIVA (RA) E INTEGRACIÓN (I) DE LA CASA DEL ESTRÍGILO.

¿ACCIONES ANTRÓPICAS O NATURALES EN LOS HOGARES NEANDERTALES? ARQUEOLOGÍA EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS INTRA-SITE

Irene Ortiz Nieto-Márquez[1]

irene.ortiz@uam.es

Javier Baena Preysler[1]

javier.baena@uam.es

[1] Universidad Autónoma de Madrid.

RESUMEN

El uso del fuego por las sociedades prehistóricas es un hecho estudiado y comprobado, pero durante el Paleolítico Medio, tanto su producción como su control y mantenimiento son en algunos casos un tanto controvertidos (Aldeias et al. 2012; Sandgathe, Dibble, Goldberg, Mcpherron, & Hodgkins 2011).

En este estudio presentamos una experimentación ligada al yacimiento prehistórico de "El Cañaveral" emplazado en Madrid (España) perteneciente al Paleolítico Medio.

La disertación compara los datos del hogar experimental con el arqueológico, y analiza la relación entre la temperatura, la localización en el interior del hogar y la distribución espacial de los elementos alterados térmicamente para obtener información sobre los desplazamientos líticos causados por la acción del fuego. (March, Lucquin, Joly, Ferreri, & Muhieddine 2012; Petraglia 2002). Controlando las variables de la distribución de los elementos debida a la fragmentación térmica, y con la ayuda de los remontajes, se discriminan la existencia de determinados procesos postdeposicionales y de actividades de talla en la zona. De este modo, gracias a un acercamiento intra-site, tanto al hogar arqueológico como al experimental se pretenden determinar patrones de actividad de los Neandertales alrededor de estos hogares al mismo tiempo que mostrar aspectos dinámicos de los elementos líticos.

Palabras clave: Arqueología Experimental, SIG, Hogares, Análisis Intra-site, remontajes.

ABSTRACT

The fire technology used by prehistoric societies is traditional discussion subject biased on real testimonies. However, during Middle Paleolithic, production, control and maintenance of fire are still under discussion (Aldeias et al. 2012; Sandgathe, Dibble, Goldberg, Mcpherron, & Hodgkins 2011). In this paper we present some experiments on fire technology from the materials of the Mousterian site "El Cañaveral" located in Madrid (Spain). The study compares the archaeological material distribution of a hearth with the experimental results obtained. Here we analyze the relation between the temperature, the localization inside the heath and the spatial distribution of thermal altered lithics, to obtain information about lithic movements caused by fire action. (March, Lucquin, Joly, Ferreri, & Muhieddine 2012; Petraglia 2002). We have established the existence of postdepositional processes and knapping activity in the area controlling thermal fragmentation pattern and refits. On that way, thanks to an intra-site approaching and an experimental hearth we could establish some activities patterns of Neanderthal groups surrounding the heaths and we can show dynamic aspects of lithic elements.

Key words: Experimental archaeology, GIS, Heaths, Intra-site Analysis, Retifs.

OBJETIVOS

Los objetivos de esta investigación, fueron en un primer momento el estudio e identificación de las evidencias de un hogar encontrado en el yacimiento paleolítico de El Cañaveral, Madrid, España. Tras su excavación y estudio se decidió realizar un hogar experimental, que tratara de emular el original para poder contrastar las alteraciones térmicas que sufre el sílex tanto en contacto directo con el fuego, como a cierta distancia e incluso enterrado. Por otro lado se hizo un estudio espacial de las piezas del hogar, para poder obtener información sobre los movimientos generados por las fracturas térmicas.

CAÑAVERAL A3

El Cañaveral, (Madrid, España) es un yacimiento al aire libre dedicado al abastecimiento de materia prima, ocupado reiteradamente durante el Paleolítico Medio. Este yacimiento fue descubierto gracias a proyectos de investigación por parte de la Consejería de Cultura de la Comunidad de Madrid. En excavaciones posteriores llevadas a cabo por la empresa Arquex.S.L. y el equipo de investigación de la UAM se determinaron diferentes aspectos sobre la formación del lugar y la ocupación humana. (Baena Preysler et al. 2008). La preservación de numerosos restos arqueológicos es posible gracias a los agentes sedimentarios que han afectado el lugar, como los eólicos y los coluvionares, durante el Cuaternario.

Gracias al descubrimiento de industria lítica asociada a la materia prima, se decidió comenzar una excavación en extensión en diferentes áreas. Una de ellas es Área3, que tiene una extensión de 164 m2, cuya secuencia incluye al menos un nivel arcilloso que contenía abundantes restos de industria lítica, lascas, núcleos y percutores. (Baena Preysler et al. 2011). Durante la excavación se encontraron concentraciones ovales y circulares pertenecientes a procesos de talla, al igual que el hallazgo de evidencias de un hogar parcialmente seccionado por las obras de la M-45 que podría indicar la ocupación temporal del área.

Se han estudiado tres niveles documentados en campo, mediante un estudio tecnológico y espacial a través de aplicaciones SIG, así como el análisis de los remontajes. (Figura 1.)

HOGAR A3

El hogar fue descubierto gracias a actividades de ampliación del área, durante los trabajos de campo. En un primer momento, se detectaron algunos elementos con alteraciones térmicas en el perfil del área, realizados por las máquinas de vaciado. Lo que quedaba en campo susceptible de excavar era la mitad del hogar. (Figura 2.)

Se excavó la mitad del hogar encontrado. Se marcó el perímetro del hogar (2.99 m de largo) con 0.58 m2 de área. La profundidad del hogar era alrededor de 30 cm. Igualmente se descubrió una cubeta dentro del perímetro de 0.08m2 de área. En este hogar se diferenciaron en campo dos niveles II y II-III, que posteriormente se han interpretado como el mismo. (Figura 3.)

En el mapa de dispersión que representa las categorías tecnológicas, es posible observar concentraciones alrededor del hogar. En el centro del mismo la categoría más representada son los fragmentos y alrededor se encuentran lascas, núcleos, algunos nódulos y dos percutores, junto con algún denticulado y alguna raedera. (Figura 4.)

En el mapa de dispersión de alteración térmica de las piezas, se muestra una gran concentración de piezas con la máxima alteración térmica situadas en la cubeta, aunque también se encuentran piezas con alteración fuera de la misma, pero en mucha menos medida. (Figura 5).

Finalmente se realizaron remontajes con las piezas del hogar y se encontraron uniones debidas a secuencias de reducción, fracturas térmicas y trampling. La distancia media de las uniones causadas por secuencias de reducción es de 38.8 cm, siendo el máximo de 12cm. Sin embargo el remontaje más lago encontrado fue originado por la alteración térmica, siendo de 217 cm. (Figuras 6 y 7)

HOGAR EXPERIMENTAL

Nuestros principales objetivos al realizar el hogar experimental fueron los siguientes:

- Analizar las modificaciones externas producidas por la alteración térmica en el sílex, dependiendo de:
  - La distancia desde el foco de calor.
  - La profundidad respecto a la capa superficial.
- Estudio de la distribución espacial de los movimientos de las piezas debidos a la alteración térmica.
- Comparación de los datos adquiridos del hogar del A3 y del hogar experimental.

FASES Y METODOLOGÍA

La materia prima que se utilizó para la experimentación fueron nódulos de sílex del Área3, extraídos durante la excavación. Mediante la reducción de estos nódulos se obtuvieron lascas corticales, lascas sin córtex, núcleos y fragmentos. Con todo

ello se hizo una base de datos tomando información sobre la materia prima, la calidad de la misma, medidas de las piezas, el peso, el color (por medio de un colorímetro), fotografía de cada pieza y una opción de observaciones.

Para el enterramiento de las piezas se obtuvo sedimento original de área3. Éste se cribó previamente, para evitar la intrusión de piezas ajenas a la experimentación.

Como se ve en la columna estratigráfica , el nivel II pertenece a arenas arcillosas de color pardo-rojizo, con estructuras prismática y abundante arcilla de iluvación. En el nivel II-III contamos con cantos y bloques angulosos de hasta 60 cm de eje máximo. Presenta matriz arcillosa con abundante materia orgánica y oxidaciones de hierro. Tiene estructura poliédrica a prismática, con abundante industria lítica que en algunos casos presenta un grado de rodamiento muy elevado y otros nulos. (Figura 8) Hay remontajes y el nivel se acuña lateralmente. Finalmente en el nivel III tenemos cantos de arcillas terciarias con matriz arcillosa. Hay clastos de sílex dispersos e industria lítica. (Baena Preysler et al. 2011)

Este sedimento se cribó para evitar la intrusión de lascas ajenas a la experimentación, y posteriormente se depositó en el lugar donde se realizó la experimentación. (Figura 9)

Se excavó una cubeta de 1x1m y unos 30 cm, para intentar emular lo máximo posible el hogar del Área3. Se fueron enterrando las piezas en forma de cruz y a una distancia la una de la otra de unos 5-10 cm. Se georreferenciaron todas las piezas con una estación total. Se crearon 3 capas y una superficial final, con 5 cm de sedimento entre una y otra. (Tabla 1). Se inició el fuego, utilizando únicamente leña y yesca. Se estuvo avivando y alimentando el fuego durante dos horas, midiendo la temperatura cada 15 minutos (Figura 10), y finalmente se dejó que se extinguiera. (Tabla 2.)

DATOS

Una vez realizada la experimentación y obtenidos los datos de ambos hogares, se ha procedido a compararlos entre ellos. (Figura 11)

En esta imagen se observa la diferencia del hogar experimental antes (1) y después de la ignición (2). La distribución de las piezas centrales ha cambiado, tanto por los saltos y las fracturas térmicas y en menor medida por el peso del combustible.

Las piezas que se encuentran en la periferia, sobre todos las situadas al Norte y al Oeste, no han sufrido una alteración térmica tan fuerte, por lo que sólo su coloración se ha visto afectada y algún salto térmico, que no ha cambiado su morfología. Esto saltos sólo se han dado en la cara que estaba dirigida al foco del calor.

Sin embargo tanto la pieza central como la mayoría de las piezas de la capa superficial se han visto sometidas a fracturas, cambio en la coloración, craquelado, saltos térmicos de cierta distancia e incluso a la pérdida de peso, debida a la deshidratación, siendo una media de 2 gramos lo que pierde cada pieza.

Gracias a la georreferenciación de las piezas del hogar experimental se pudo adquirir un mapa de dispersión, tanto de la fase 1, que es anterior al inicio del fuego, y de la fase 2, posterior al fuego. (Figura 12.)

El índice de desplazamiento muestra una diferencia notable entre el nivel superficial y los niveles enterrados. (Tabla 3.) Como se puede ver en la tabla, la media de desplazamiento en los últimos niveles de 1 cm aproximadamente, mientras que la media de desplazamiento en el nivel superficial es de 37.6 cm, destacando el registro máximo que es de 3.42 metros de distancia. Esto indica que los elementos líticos que se encuentran en contacto directo con el fuego, sufren una alteración térmica mayor, provocando saltos térmicos de gran distancia.

En cuanto al índice de fracturación de las piezas también destaca el nivel superficial. (Tabla 4). Los dos últimos niveles, el II y el III mantienen el mismo número de piezas antes y después de la combustión. El nivel I aumenta en un punto el número de piezas, debido a una fractura térmica, ya que esa pieza se encontraba en el centro del foco del calor, enterrada a escasos 5 cm de la superficie. Sin embargo cabe destacar las piezas del nivel superficial, que han aumentado un 240% el número inicial. Los elementos líticos sufren craquelado, saltos térmicos y fracturas lo que hace aumentar el número de piezas a excavar.

Tras estudiar el modo de dispersión de estas piezas fragmentadas, se descubrió un sistema fractal de fractura, que se da en el momento de alteración térmica. (Figura 13).Según el matemático Benoît Maldelbrot, un fractal es un objeto geométrico cuya estructura básica, fragmentada o irregular, se repite a diferentes escalas. Las copias son similares al todo, tienen la misma forma pero distinto tamaño. (Mandelbrot 1997).

Así, de este modo, podemos explicar las fracturas de las piezas fragmentadas por la acción térmica del hogar. Cada pieza lítica se fragmenta, y de esos fragmentos aparecen más, con una morfología parecida, pero no igual, y así sucesivamente. En este caso la morfología no necesita ser la misma, pero utilizaremos este patrón de fractura para explicar la alteración térmica. Se puede observar un ejemplo en la pieza que estaba en el centro del hogar. Se ha fracturado y craquelado de modo fractal.

En la imagen inferior se puede apreciar la capa superior del hogar experimental y las líneas de remontajes de las piezas que se fracturaron durante la acción del fuego. (Figura 14).

Gracias a la georreferenciación de cada pieza y a los remontajes se ha podido obtener información de los movimientos de las mismas en el hogar, la distancia que pueden alcanzar los saltos térmicos y comprobar el sistema fractal de fractura.

En la imagen de la pieza 45 se observa en primer lugar, el cambio de coloración de la pieza tras la acción del fuego. (Figura 15). Su tonalidad se ha tornado blanquecina, debido a la deshidratación del sílex. El córtex también ha cambiado de color a pesar de haber sido colocada con el bulbo hacia arriba. Esta pieza se partió en 4 fragmentos, y tal como muestra el esquema del centro, el cuerpo de la pieza es la coordenada 78, y el resto son fragmentos que se han desplazado alrededor. De un fragmento sale otro, y así pude pasar sucesivamente, como veremos más adelante. Las líneas generales de remontaje de esta pieza, que se pueden observar en la imagen superior del hogar experimental, acumulan una distancia entre los fragmentos de 13,8 cm.

La pieza 30 es una de las que se encontraban en la periferia del hogar. (Figura 16). Esta sufrió menos alteraciones debido a la relativa distancia frente al foco de calor, pero aún así cuenta con dos saltos térmicos y cambio en la coloración con tendencias rojizas. En el detalle de la imagen del remontaje, se observa como uno de los saltos tiene un color totalmente distinto al del resto de la pieza, debido a su mayor cercanía al fuego, y por lo tanto mayor alteración. El córtex igualmente ha cambiado su color. Los remontajes de esta pieza acumulan una distancia entre ellos de 22,4 cm.

La pieza número 3 estaba a escasos 10 centímetros del foco del calor. (Figura 17). Esta pieza de fracturó en 10 piezas, y tal como se ve en el esquema central, el patrón es fractal, ya que de un fragmento salen más y su dispersión se produce alrededor del que proviene. La coloración de la pieza ha cambiado, e incluso hay diferencia entre los distintos fragmentos que componen la pieza completa. Esto es debido a la posición en la que quedaron tras la fractura y salto térmico. Los remontajes de esta pieza han alcanzado 21 cm de distancia entre ellos.

Esta pieza 39 estaba situada al extremo Este del hogar, pero durante la ignición estuvo afectada por el combustible. (Figura 18). Se fragmentó en 9 piezas, siendo el "cuerpo" de la lasca los fragmentos 84 y 85 de los cuales se desprenden el resto de piezas que han saltado alrededor. Cabe destacar el salto térmico nº 157 que se desplazó 3m de su posición original. Se puede observar el cambio en la coloración de las piezas, adquiriendo algunas un tono blanquecino debido a la deshidratación. El córtex igualmente ha cambiado su coloración tornándose negruzco en algunas partes. Las líneas de unión en el caso de esta pieza acumulan una gran distancia debido al salto térmico, siendo de 3,42 metros.

La pieza 41 se encontraba a 20 cm en el sur del foco central del hogar, pero estuvo bajo altas temperaturas y en contacto directo con el fuego. (Figura 19). Se dividió en 9 fragmentos que se desplazaron por toda la superficie de forma fractal. El cuerpo original de la pieza lo forman los fragmentos 96 y 97 de los que se desprenden piezas y así sucesivamente, como se puede ver en el esquema central de la imagen superior. La coloración de esta pieza ha cambiado en su totalidad, tornándose toda ella blanquecina, excepto un fragmento de color negro. Hay que destacar que ésta pieza (con excepción de la central nº1) es la que más peso perdió, 15 gramos, habiéndose remontado entera. La línea de desplazamientos de esta pieza acumula 58 cm de distancia entre los fragmentos más alejados los unos de los otros.

Finalmente la pieza 61 se encontraba igualmente al sur del hogar, a 30 cm del foco central. (Figura 20). De esta pieza sólo se desprendió un salto térmico. Esta sufrió craquelado, leve cambio en la coloración y el salto anteriormente citado, con un desplazamiento de 4 cm.

DISCUSIÓN

Aunque no es objeto del presente trabajo, ya hemos señalado la dificultad de entrar a discutir los diferentes aspectos que el uso del fuego tiene para las sociedades del Paleolítico medio y en particular, su funcionalidad y tecnologías específicas. No obstante, su presencia a lo largo del Pleistoceno superior europeo va siendo una constante cada vez más generalizada en relación con las ocupaciones humanas de estos momentos.

Parece que el uso del fuego más temprano en Europa aparece alrededor de 300-400 ka en Beeches Pit en Inglaterra y en Shöningen, Alemania. (Roebroeks & Villa 2011). Sin embargo entre los primeros yacimientos que han proporcionado

fuertes evidencias del uso del fuego se encuentran Grotte XVI (Karkanas et al. 2002)y Lazaret en Francia (Valensi et al. 2013; Jrad et al. 2013; Boyle 2000), la cueva de Bolomor en España (Sañudo Die 2008) y determinadas cuevas en Israel como en Qesem, (Shahack-Gross et al. 2014; Karkanas et al. 2007) Tabun (Verri et al. 2005), Kebara (Albert et al. 2012; Speth et al. 2012; Speth 2006) destacando Gesher Benot con una cronología cercana a 780ka (Alperson-Afil 2008) y en África con una datación cercana a 1,6 millones de años el yacimiento de Koobi Fora. (Bellomo 1994).

De modo bastante significativo hay yacimientos pertenecientes al Paleolítico Medio, tanto en cueva como al aire libre que presentan evidencias de fuego, como el Abric Romaní y San Quirce (España) (Courty et al. 2012; Chacón et al. 2007; Vallverdú et al. 2012; Rúa & Martín 2009), El Salt (España) (J. Dorta Pérez et al. 2010; Mallol et al. 2012) El Esquilleu (Yravedra & Uzquiano 2013) y St.Marcel, Peyrards, LaCombette, La Quina, Sant Cesaire, entre muchos otros (Roebroeks & Villa 2011; Yar & Dubois 1999). Destacan igualmente los yacimientos de Roca dels Bous (de la Torre et al. 2004) así como Pech de l'Aze IV y Roc de Marsal en Francia (Sandgathe et al. 2011; Aldeias et al. 2012) entre otros muchos.

Con estos ejemplos podemos afirmar que los Neandertales (y pre-neanderthales) tenían la habilidad de fabricar, conservar y transportar el fuego durante ocupaciones sucesivas, y que su aplicación y uso no sólo quedaba limitada a las áreas de carácter plenamente residencial.

Haciendo hincapié en lo que nos ocupa en este estudio, y gracias a los datos obtenidos de los hogares, tanto el arqueológico del Área 3 de El Cañaveral, como el hogar experimental, compararemos sus datos para obtener información sobre las alteraciones térmicas del sílex, el análisis espacial de los mismos que facilita el posterior reconocimiento de los hogares en los yacimientos, posibles patrones de asentamiento y de conducta alrededor del fuego y determinar actividades antrópicas y postdeposicionales en el hogar arqueológico.

En cuanto a las alteraciones térmicas en el sílex, se han podido determinar en el hogar experimental dependiendo de su distancia al foco central del fuego y de la profundidad a la que se encontrasen. Las características de las piezas alteradas térmicamente son la decoloración y las piezas craqueladas o rotas (Petraglia 2002). Las alteraciones que sufren las piezas tienen variables intrísecas y extrínsecas. Las primeras son la composición de la pieza y su estructura, mientras que las extrínsecas son la temperatura a la que sean sometidas, la posición respecto al foco de calor y el enfriamiento que tenga la pieza. (J. Dorta Pérez et al. 2010).

Estos datos los hemos tenido en cuenta en la experimentación, y se ha observado el cambio de las piezas de la capa superficial, que estaba en contacto directo con el fuego, y el nulo cambio en las piezas enterradas. Igualmente las piezas que estaban más cerca el foco del calor han sufrido más alteraciones. En cuanto al hogar del área3 se puede determinar que las piezas más cercanas al foco del calor, en este caso la cubeta, estaban más alteradas térmicamente, y a medida que nos alejamos del hogar las piezas con evidencias de calor van disminuyendo.

Los análisis macroscópicos que se pueden realizar a las piezas son de los cambios visuales, como el color, la aparición de lustre, las fisuras, craquelaciones, microfracturas y saltos térmicos. Los cambios mecánicos que sufren son la pérdida de elasticidad y resistencia a la fragmentación. Mientras que los cambios microestructurales son la recristalización, la deshidratación y las microfracturas. (J. Dorta Pérez et al. 2010). Igualmente se registra una pérdida de peso en las piezas con alteración térmica. (Clemente-Conte 1997)

Los cambios visuales han sido constatados en el hogar experimental y en gran parte en el arqueológico. Las piezas han cambiado de color, con tendencias más oscuras y rojizas. Aparecen fisuras, y se fragmentan por las fisuras internas de la pieza, junto con la aparición de craquelado y saltos térmicos. Estos últimos destacan en el hogar experimental por la distancia a la que pueden saltar, unos tres metros, y en el hogar del área3 porque son los remontajes más largos en la zona del hogar. Las piezas igualmente han sufrido deshidratación, constatado por la tonalidad blanquecina y la pérdida de peso, verificado en el hogar experimental.

El mejor análisis del hogar se realiza a través del análisis espacial de objetos quemados. Hay que destacar la distribución natural de las piezas y su alteración, ya sea por la influencia de la temperatura y la distancia al foco de calor. (Sergant et al. 2006). Los saltos térmicos pueden llegar a aparecer a unos 2,5 ó 3 metros de distancia, y esto se ha corroborado en el hogar experimental, donde uno de los saltos térmicos alcanzó una distancia de 3 metros desde su posición original. Este apartado genera dispersión espacial, que sigue patrones aleatorios pero que de manera genérica atiende a estructuras de un formato fractal aritmético, si bien en algunos casos se producen saltos a larga distancia en los que la expansión fractal se reduce drásticamente debido a que el salto, retira los materiales del agente causante de la fractalidad (la temperatura).

Para el reconocimiento de hogares en los yacimientos arqueológicos es necesario realizar un detallado análisis espacial de los artefactos quemados y determinar sus concentraciones, como se ha hecho. (Sergant et al. 2006). Como hemos podido observar en los datos de Área3, la concentración de elementos quemados se produce dentro de lo que se determinó cubeta,

cuyo sedimento estaba rubefactado y aparecían algunos indicios de carbón. La alteración térmica de las piezas aumentaba a medida que se acercaba a la concentración de la cubeta.

Según Nina Alperson (Alperson-Afil 2008), los hogares se manifiestan a través de las concentraciones de fragmentos producidos por la talla, los microartefactos que sólo aparecen en contacto directo con el fuego, y a través de clusters. Las concentraciones de lítica quemada no coinciden con las concentraciones de lítica no alterada. Eso se ha podido demonstrar en el hogar del área3 gracias al análisis espacial realizado, y los mapas de dispersión, donde las piezas con alteración térmica se situaban en el interior de la cubeta, como se hace referencia anteriormente, alrededor aparecen los fragmentos y las concentraciones de lítica sin alteración térmica se concentran alrededor del hogar. En este caso contamos con una concentración que por la densidad de piezas alteradas puede confirmar la estructura de combustión.

Respecto a los procesos post-deposicionales, estos tienden a alterar la distribución en dos dimensiones. La primera en una dimensión bi- espacial que se solapa a la distribución causada por la estructura del hogar explicada anteriormente y la alteración espacial térmica.

Los hogares del Paleolítico Medio suelen ser estructuras planas, de una única combustión y con una estratigrafía determinada: una primera capa blanca-amarillenta, una segunda capa marrón-negra (que son los restos del fuel) y una capa marrón-rojiza que es la base del hogar. (Mallol et al. 2013; March et al. 2012). Como se ha podido observar, en el hogar del área3 sólo se conservaba la última capa marrón-rojiza de la base rubefactada, pero no de manera homogénea. Sin embargo en el hogar experimental sí que hemos encontrado estas tres capas, la primera blanquecina que son las cenizas, la segunda negruzca que es el combustible quemado y la ruberfacción de la base del hogar. Esto indica que el hogar experimental no fue removido en ningún momento, ya que conservaba la estratigrafía original. Sin embargo parece ser que no se puede decir lo mismo del hogar del área3, donde no se encontró nada más que el sedimento rubefactado, indicando que posiblemente sea un hogar lavado y removido. Estos datos se documentan en las líneas de unión de los remontajes que tienen una tendencia direccional que indica la posible acción de la corriente de agua que lavó el hogar y movió las piezas.

De igual manera destacan los movimientos de las piezas a causa del calor, es decir, los saltos térmicos que aparecen tanto alrededor del mismo como dentro del hogar. Los patrones fractales que siguen estos saltos térmicos en el hogar experimental corroboran los remontajes del hogar de área3, y explican la presencia de ciertas piezas con alteración térmica a determinada distancia del hogar. Es posible que sea un salto térmico que se haya desplazado hasta ese lugar de forma natural, sólo por la acción del fuego, pero no hay que descartar la idea del transporte de piezas alteradas térmicamente de modo antrópico.

Se pueden determinar los patrones de asentamiento alrededor de los hogares a través del análisis espacial de las piezas halladas en el yacimiento. Como bien decía Lewis Binford en su obra En Busca del Pasado, (Binford 2009) los individuos que realizan una actividad alrededor de un hogar, la desempeñan respecto a un modelo que parece ser universal. Tanto una mujer bosquimana !Kung, un aborigen del desierto central de Australia y una mujer Navajo del sudoeste de Estados Unidos se colocan igual respecto al hogar. La persona se sienta de forma que su cuerpo forme un ángulo recto respecto al hogar y a una distancia de 1 metro. Incluso cuando una persona talla alrededor de un hogar, las piezas obtenidas no suelen ir a parar al hogar, ya que el radio de acción de un tallador es de 0.5 metros alrededor suyo, y si se sitúa a una media de un metro de distancia del hogar, las piezas que aparezcan dentro del mismo tendrán una intencionalidad. En los mapas de dispersión del hogar arqueológico de área3 se observa que hay actividad de talla alrededor del mismo, a una distancia de un metro.

En cuanto a la segunda dimensión a la que afectan los procesos post-deposicionales es la tridimensional, que depende igualmente de la estructura y de los procesos paleoedáficos que producen una alteración de la distribución en el eje z.

En este caso ponemos en relación las acciones antrópicas alrededor del hogar como la talla alrededor del mismo. Igualmente, los remontajes que se han realizado en distinto plano, es decir, a distinta profundidad, indican que las piezas del hogar que se fragmentaron dentro del mismo por acción del fuego fueron removidas y por ello los remontajes se sitúan a diferente profundidad. En el hogar experimental, no se removió el hogar y los remontajes aparecerían en el mismo plano. Igualmente hay que contar con los agentes biológicos que pueden ser causantes del desplazamiento de las piezas en distintos planos de profundidad.

CONCLUSIONES

Como se ha podido observar a lo largo del presente trabajo, la arqueología experimental con una metodología adecuada y gracias a la ayuda de los remontajes ha sufragado dudas y falta de información de restos arqueológicos, como era el caso del hogar del área3 de El Cañaveral.

Se parte de una estructura agregada (estructura antrópica, en este caso el hogar) en el que tiene lugar una dispersión según modelo fractal por la acción térmica, y se produce un difuminado por procesos post-deposicionales.

Tras el estudio de los restos arqueológicos, su análisis espacial y la realización de remontajes se han podido constatar que efectivamente se trataba de los restos de un hogar. Las piezas alteradas térmicamente se concentraban en la cubeta documentada, lo que afirma la existencia de fuego. Los remontajes han justificado la talla alrededor del mismo y se ha documentado, que estas piezas talladas no tenían ninguna alteración térmica, con lo que no fueron tratadas para intentar mejorar la calidad del sílex para la talla. Finalmente este hogar ha sufrido procesos postdeposicionales, ya que estaba lavado y no contenía restos de carbones.

Con esto se puede concluir respecto al hogar del Área3 que la relación del mismo con el resto del yacimiento es de un campamento temporal, donde la actividad principal era la captación de materia prima y la talla, y donde el uso del fuego no sólo quedaba limitado a las áreas de carácter plenamente residencial, como hacíamos referencia anteriormente. No hay indicios de que este hogar se utilizara para el tratamiento térmico de sílex para la mejora de la calidad, ya que no hay piezas talladas tras haber sido tratas térmicamente.

Respecto al hogar experimental, gracias a los datos adquiridos se ha podido establecer un patrón de fractura fractal para los saltos térmicos, y se puede seguir ese patrón a la hora de explicar la distribución de estas piezas alrededor de su posición original. Igualmente se ha constatado que no todas las piezas quemadas que se encuentran fuera del hogar han sido trasladadas por acciones antrópicas, si no que en muchos casos el movimiento está ocasionado por causas naturales. Los saltos térmicos pueden alcanzar una distancia de 3 metros. Finalmente se ha comprobado que en los hogares de una duración de unas 3 horas, con picos térmicos muy altos, de casi 1000°C, las alteraciones térmicas no afectan a las piezas enterradas, sólo a las que se encuentran en superficie.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a Daniel Sanmartí su ayuda durante la experimentación, sobre todo en el encendido del hogar y posterior excavación. A Anabel Pardo y María Turégano, y todo el Laboratorio Docente de Prehistoria por su ayuda con los análisis y colorímetro. A Daniel Rubio como becario de arqueología experimental. A Arancha Daza por sus fotografías y compañía.

BIBLIOGRAFÍA

ALBERT, R.M. ET AL. 2012. Insights on Neanderthal fire use at Kebara Cave (Israel) through high resolution study of prehistoric combustion features: Evidence from phytoliths and thin sections. *Quaternary International* [online]. 247(null),pp.278–293. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2010.10.016 [Accessed March 10, 2013].

ALDEIAS, V. ET AL. 2012. Evidence for Neandertal use of fire at Roc de Marsal (France). *Journal of Archaeological Science* [online],pp.1–10. Available from: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0305440312000544 [Accessed August 1, 2012].

ALPERSON-AFIL, N. 2008. Continual fire-making by Hominins at Gesher Benot Ya'aqov, Israel. *Quaternary Science Reviews* [online]. 27(17-18),pp.1733–1739. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.06.009 [Accessed August 21, 2013].

BAENA PREYSLER, J. ET AL. 2008. El yacimiento paleolítico Cañaveral (Coslada-Madrid). La captación de recursos líticos durante el Musteriense Peninsular. *Arqueoweb. Revista sobre arqueología en Internet.* 9 (2),pp.1–32.

BAENA PREYSLER, J. ET AL. 2011. Searchers and miners: first signs of Flint exploitation in Madrid's region *In*: M. CAPOTE et al., eds. *Proceedings of the 2nd International Conference of the UISPP Commission on Flint Miningin Pre- and Protohistoric Times(Madrid, 14-17 October 2009)*. BAR International Series 2260, pp. 203–220. Oxford: Archaeopress

BELLOMO, R. V. 1994. Methods of determining early hominid behavioral activities associated with the controlled use of fire at FxJj 20 Main, Koobi Fora, Kenva. *Journal of Human Evolution* [online]. 27(1-3),pp.173–195. Available from: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0047248484710414 [Accessed February 22, 2014].

BINFORD, L.R. 2009. *En busca del pasado* 2ª edición. (J. F. Cherry & R. Torrence, eds.). Barcelona: Crítica. Biblioteca de Bolsillo.

BOYLE, K. V 2000. Reconstructing Middle Palaeolithic Subsistence Strategies in the South of France. *International Journal of Osteoarchaeology*. 10(November 1999),pp.336–356.

Chacón, M.G. et al. 2007. Level K and L from Abric Romaní (Barcelona , Spain): procurement resources and territory management in short occupations during the Middle Palaeolithic. BAR International Series 1725. V,pp.187–197. Oxford: Archaeopress

Clemente-Conte, I. 1997. Thermal alterations of flint implements and the conservation of microwear polish: preliminary experimental observations *In*: M. A. RAMOS MILLÁN, A.; BUSTILLO, ed. *Siliceous Rocks and Culture* [online]. Granada: Universidad de Granada, pp. 525–535. Available from: http://digital.csic.es/handle/10261/10126 [Accessed August 21, 2013].

Courty, M.-A. et al. 2012. Microstratigraphic and multi-analytical evidence for advanced Neanderthal pyrotechnology at Abric Romani (Capellades, Spain). *Quaternary International* [online]. 247(null),pp.294–312. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2010.10.031 [Accessed March 11, 2013].

J. Dorta Pérez, R. et al. 2010. La alteración térmica en los sílex de los valles alcoyanos (Alicante, España). Una aproximación desde la arqueología experimental en contextos del Paleolítico Medio : El Salt. *Recerques del Museu d'Alcoi*. 19,pp.33–64.

Jrad, A. et al. 2013. Magnetic Investigations of Buried Palaeohearths Inside a Palaeolithic Cave (Lazaret, Nice, France). *Archaeological Prospection* [online],p.n/a–n/a. Available from: http://doi.wiley.com/10.1002/arp.1469 [Accessed February 22, 2014].

Karkanas, P. et al. 2002. Ash Bones and Guano: a Study of the Minerals and Phytoliths in the Sediments of Grotte XVI, Dordogne, France. *Journal of Archaeological Science* [online]. 29(7),pp.721–732. Available from: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305440301907423 [Accessed January 30, 2014].

Karkanas, P. et al. 2007. Evidence for habitual use of fire at the end of the Lower Paleolithic: site-formation processes at Qesem Cave, Israel. *Journal of human evolution* [online]. 53(2),pp.197–212. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.jhevol.2007.04.002 [Accessed August 6, 2013].

De la Torre, I. et al. 2004. Los remontajes del nivel 10 de la Roca dels Bous (Cataluña, España): una herramienta analítica para reconstruir los procesos de formación de los yacimientos. *O Paleolítico (IV Congresso de Arqueología Peninsular). N. Ferreira Bicho (ed.). Faro, Centro de Estudios de Património. Departamento de História, Arqueologia e Património. Universidade do Algarve*,pp.397–406.

Mallol, C. et al. 2013. Human Actions Performed on Simple Combustion Structures: An Experimental Approach to the Study of Middle Palaeolithic Fire. *Quaternary International* [online]. null(null). Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2013.04.009 [Accessed April 24, 2013].

Mallol, C. et al. 2012. The black layer of Middle Palaeolithic combustion structures. Interpretation and archaeostratigraphic implications. *Journal of Archaeological Science* [online]. null(null). Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2012.09.017 [Accessed February 27, 2013].

Mandelbrot, B. 1997. *La geometría fractal de la naturaleza*. Barcelona: Tusquets Editores. Metatemas 49. Libros para pensar la ciencia.

March, R.J. et al. 2012. Processes of Formation and Alteration of Archaeological Fire Structures: Complexity Viewed in the Light of Experimental Approaches. *J Archaeol Method Theory* [online]. Available from: DOI 10.1007/s10816-012-9134-7.

Petraglia, M.D. 2002. The heated and the broken: thermally altered stone, human behavior, and archaeological site formation. *North American Archaeologist* [online]. 23(3),pp.241–269. Available from: http://baywood.metapress.com/openurl.asp?genre=article&id=doi:10.2190/4D7X-H9HR-1P4J-417L.

Roebroeks, W. and Villa, P. 2011. On the earliest evidence for habitual use of fire in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* [online]. 108 nº 13,pp.5209–5214. Available from: http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3069174&tool=pmcentrez&rendertype=abstract [Accessed July 13, 2012].

Rúa, D.G. de la and Martín, F.D. 2009. La domesticación del fuego durante el Pleistoceno Inferior y Medio. Estado de la cuestión. *Veleia*. 26,pp.189–216.

Sandgathe, D.M. et al. 2011. On the Role of Fire in Neandertal Adaptations in Western Europe: Evidence from Pech de l'Azé IV and Roc de Marsal, France. *PaleoAnthropology*,pp.216–242.

Sañudo Die, P. 2008. Spatial analisys of Bolomor Cave level IV (Tavernes de la Valldigna, Valencia). *Annali dell'Università degli Studi di Ferrara Museologia Scientifica e Naturalistica* [online],pp.155–161. Available from: http://www.academia.edu/1794569/Spatial_analisys_of_Bolomor_Cave_level_IV_Tavernes_de_la_Valldigna_Valencia_.

Sergant, J. et al. 2006. The "invisible" hearths: a contribution to the discernment of Mesolithic non-structured surface hearths. *Journal of Archaeological Science* [online]. 33(7),pp.999–1007. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2005.11.011 [Accessed March 4, 2013].

Shahack-Gross, R. et al. 2014. Evidence for the repeated use of a central hearth at Middle Pleistocene (300 ky ago) Qesem Cave, Israel. *Journal of Archaeological Science* [online]. Available from: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305440313004068 [Accessed January 30, 2014].

Speth, J.D. 2006. Housekeeping, Neandertal-Style. Hearth Placement and Midden Formation in Kebara Cave (Israel). *In*: E. HOVERS and S. L. KUHN, eds. *Transitions Before the Transition*. Springer, pp. 171–188.

SPETH, J.D. ET AL. 2012. Spatial organization of Middle Paleolithic occupation X in Kebara Cave (Israel): Concentrations of animal bones. *Quaternary International* [online]. 247,pp.85–102. Available from: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1040618211001315 [Accessed August 30, 2012].

VALENSI, P. ET AL. 2013. New data on human behavior from a 160,000 year old Acheulean occupation level at Lazaret cave, south-east France: An archaeozoological approach. *Quaternary International* [online]. Available from: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040618213008124 [Accessed October 31, 2013].

VALLVERDÚ, J. ET AL. 2012. Combustion structures of archaeological level O and mousterian activity areas with use of fire at the Abric Romaní rockshelter (NE Iberian Peninsula). *Quaternary International* [online]. 247(23),pp.313–324. Available from: http://pubget.com/paper/pgtmp_43a2a75ba1ba2b741ea675677aeb69f3/combustion-structures-of-archaeological-level-o-and-mousterian-activity-areas-with-use-of-fire-at-the-abric-romani-rockshelter-ne-iberian-peninsula [Accessed August 21, 2013].

VERRI, G. ET AL. 2005. Flint procurement strategies in the Late Lower Palaeolithic recorded by in situ produced cosmogenic 10 Be in Tabun and Qesem Caves (Israel). *Journal of Archaeological Science*. 32,pp.207–213.

YAR, B. AND DUBOIS, P. 1999. *Les structures d'habitat au Paleolithique en France* Monique Me. Montagnac.

YRAVEDRA, J. AND UZQUIANO, P. 2013. Burnt bone assemblages from El Esquilleu cave (Cantabria, Northern Spain): deliberate use for fuel or systematic disposal of organic waste? *Quaternary Science Reviews* [online]. 68(null),pp.175–190. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.01.019 [Accessed March 21, 2013].

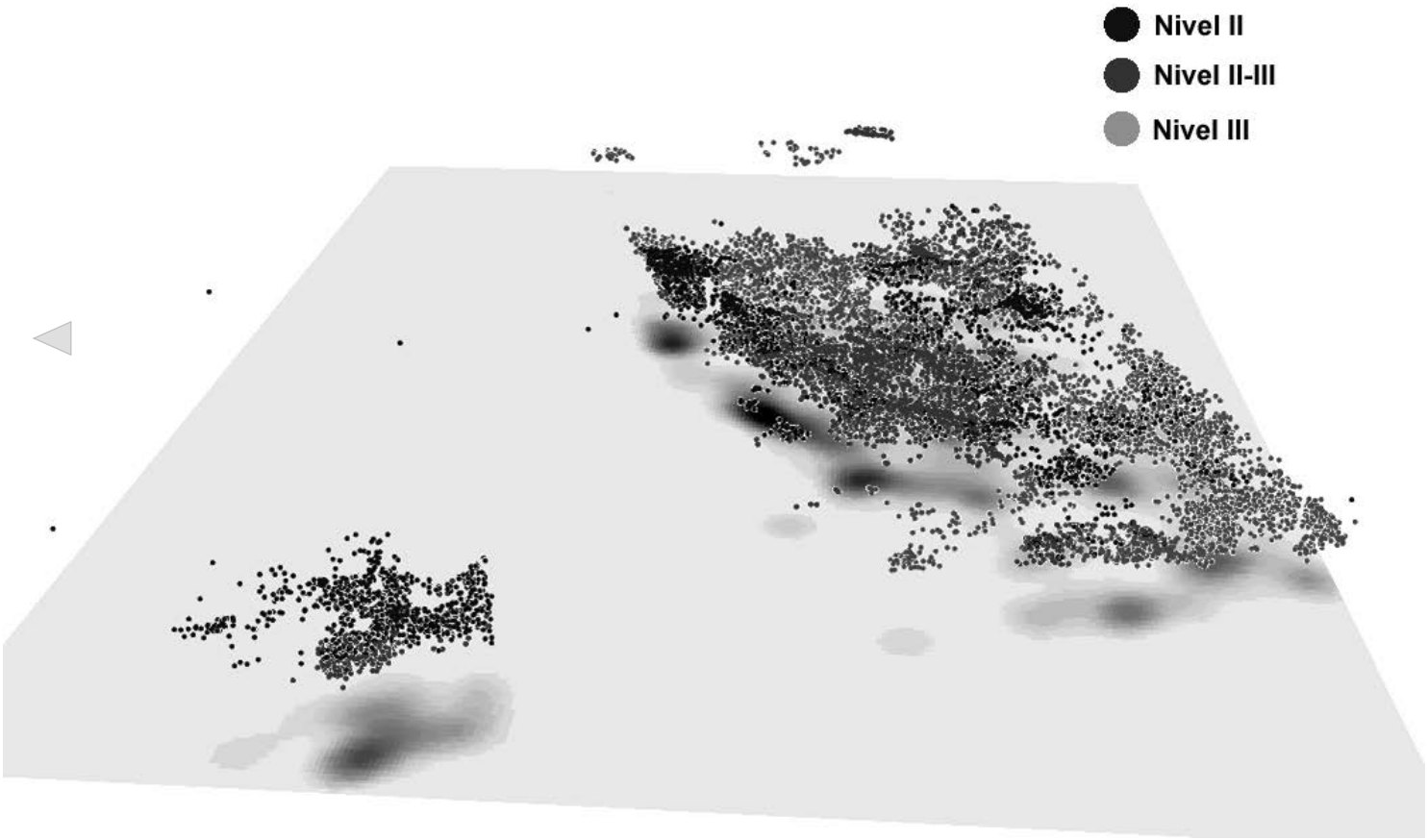


FIGURA 1. PLANTA AREA3, EL CAÑAVERAL. (MADRID, ESPAÑA)

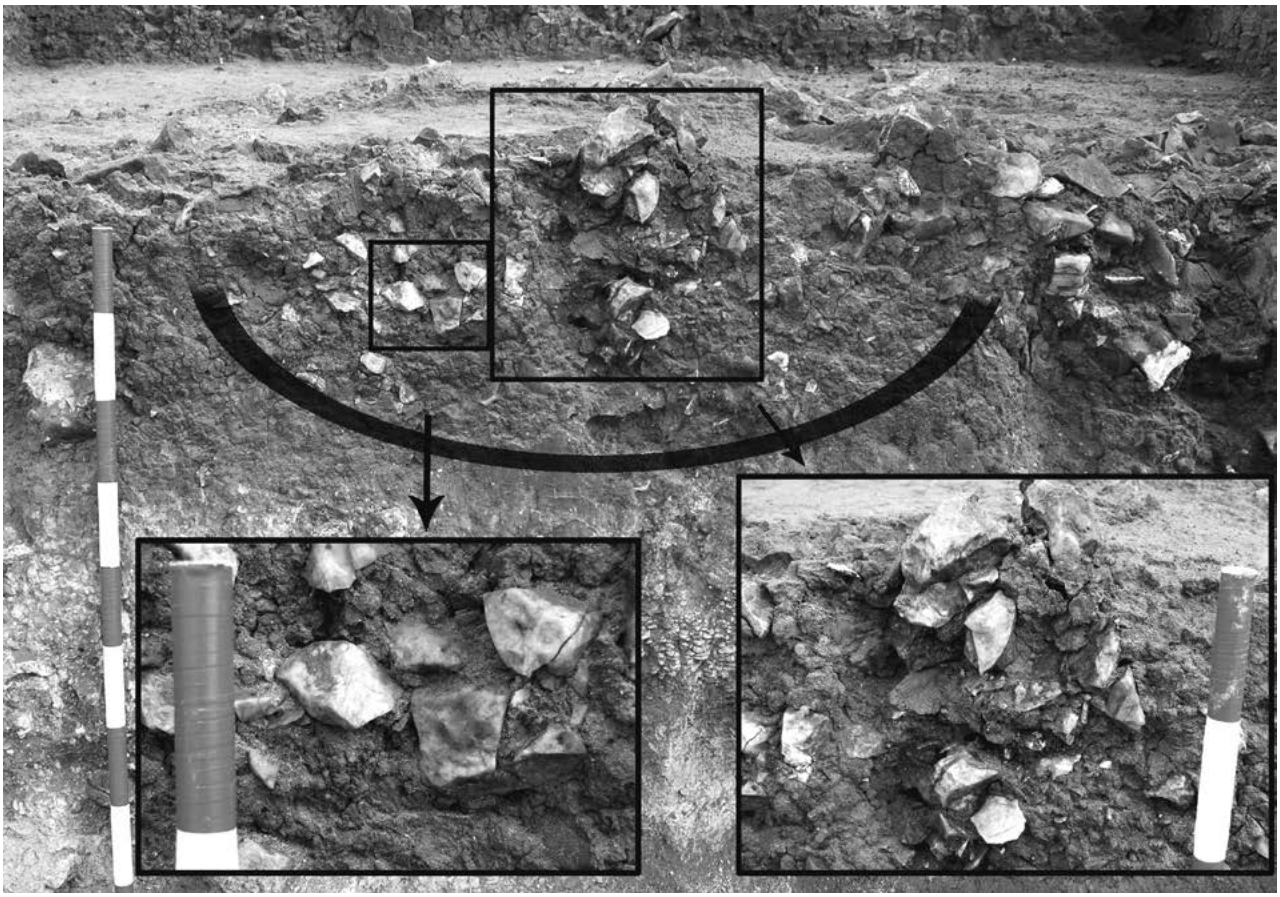


FIGURA2. PERFIL HOGAR SECCIONADO POR LAS OBRAS DE LA M-45

FIGURA 3. PLANTA DEL HOGAR CON PERÍMETRO, LAS CHINCHETAS EXTERIORES, Y CUBETA CHINCHETAS INTERIORES.

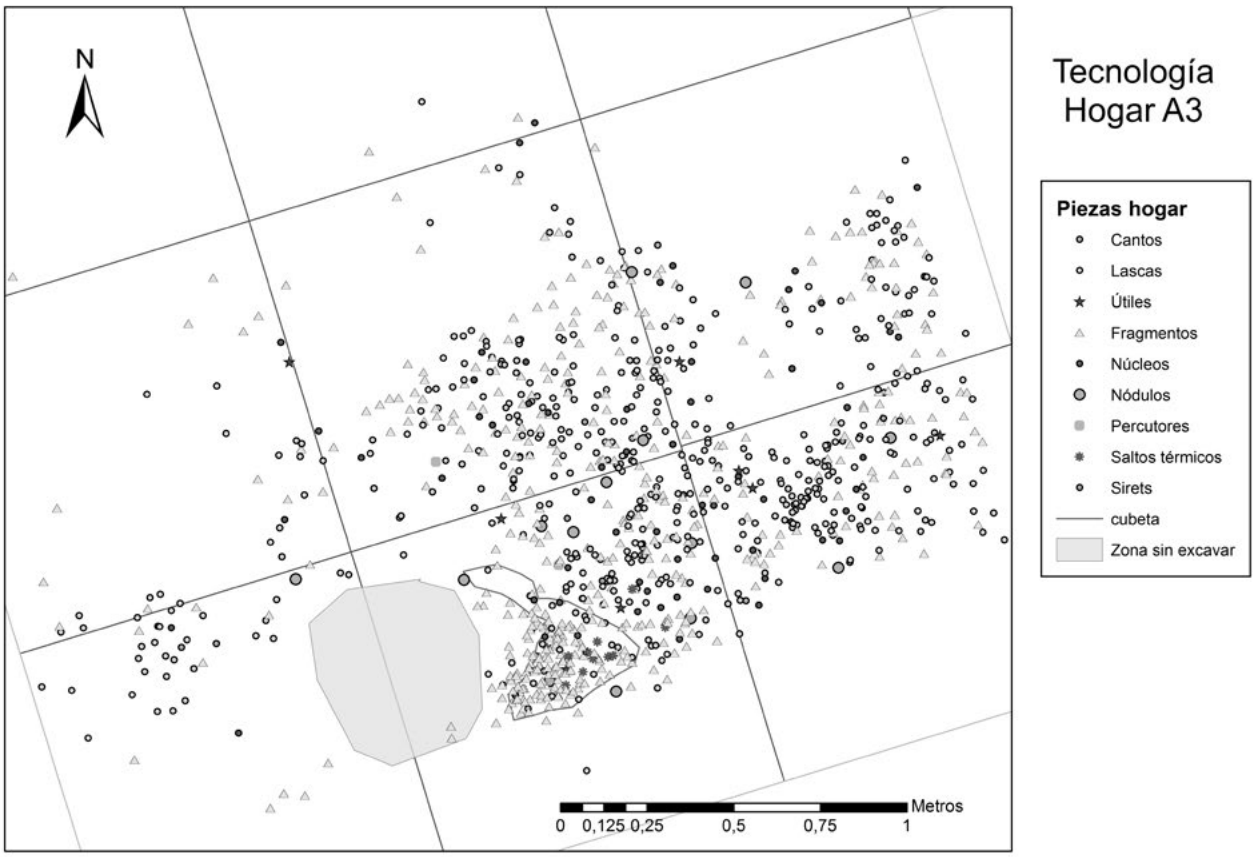


FIGURA 4. MAPA DE DISPERSIÓN DE LAS PIEZAS DEL HOGAR, CON CLASIFICACIÓN TECNOLÓGICA.

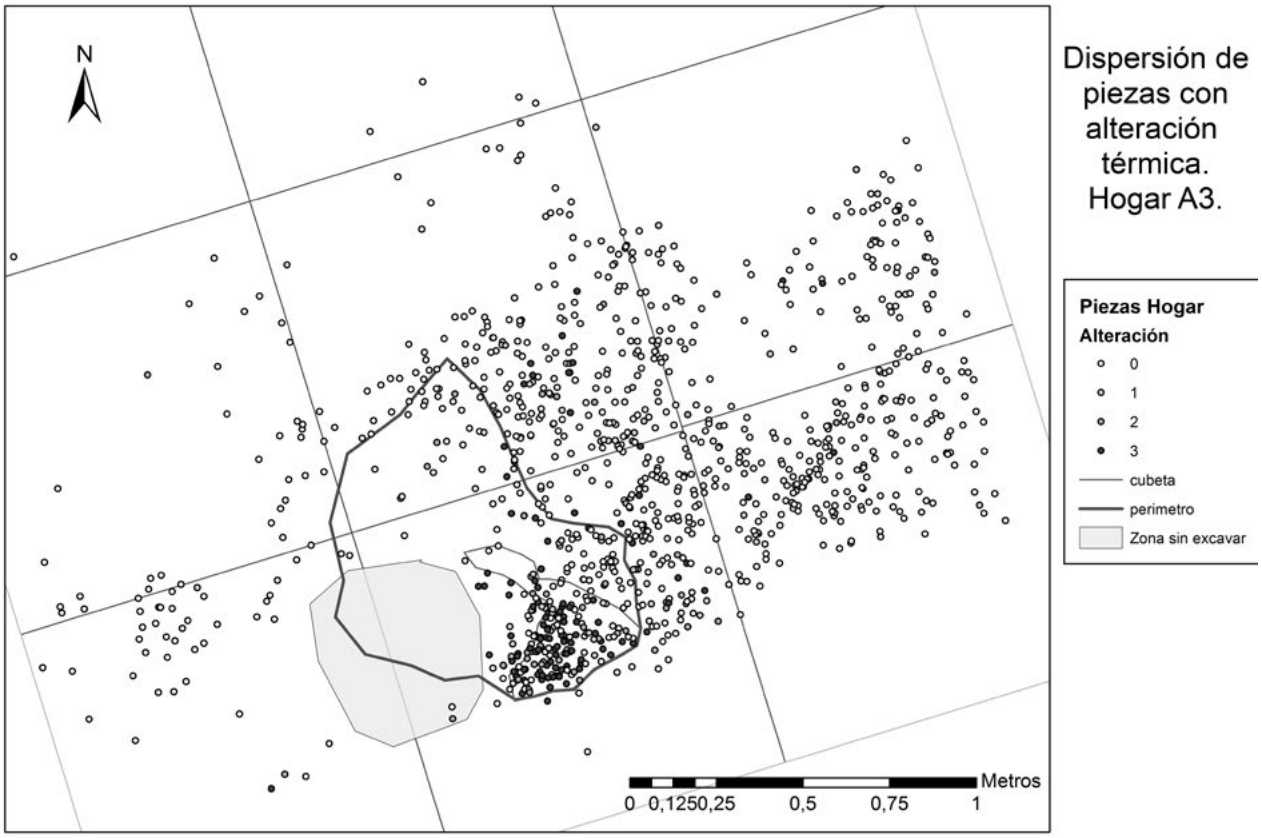


FIGURA 5. MAPA DISPERSIÓN DE LAS PIEZAS DEL HOGAR CON ALTERACIÓN TÉRMICA.

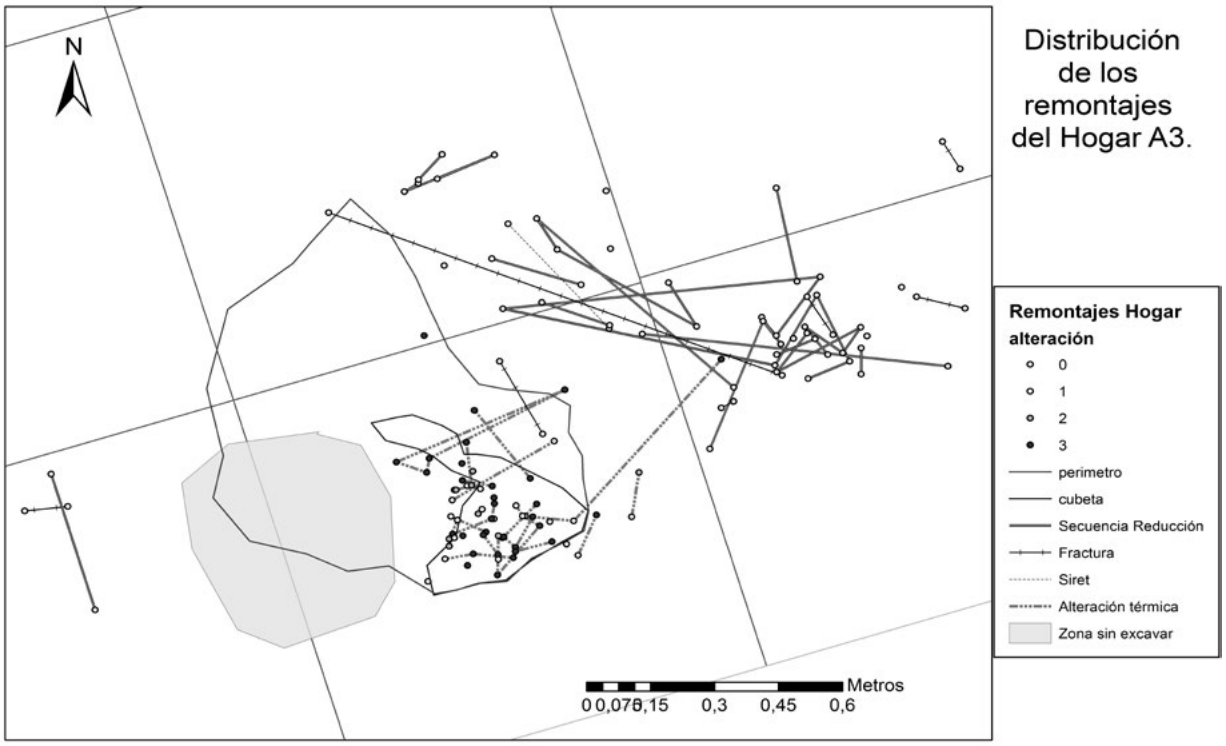


FIGURA 6. REMONTAJES DEL HOGAR.

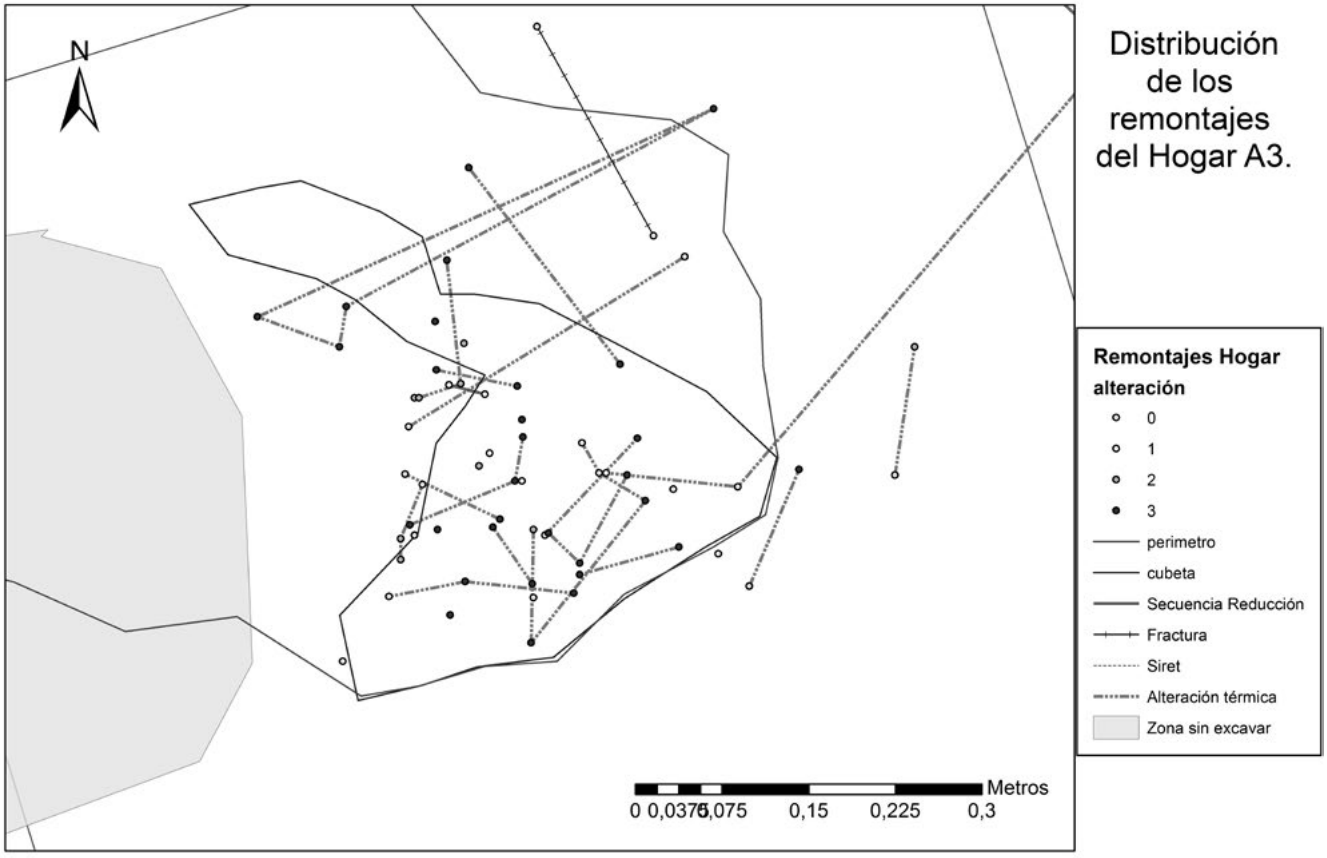


FIGURA 7. REMONTAJES EN LA ZONA DE LA CUBETA

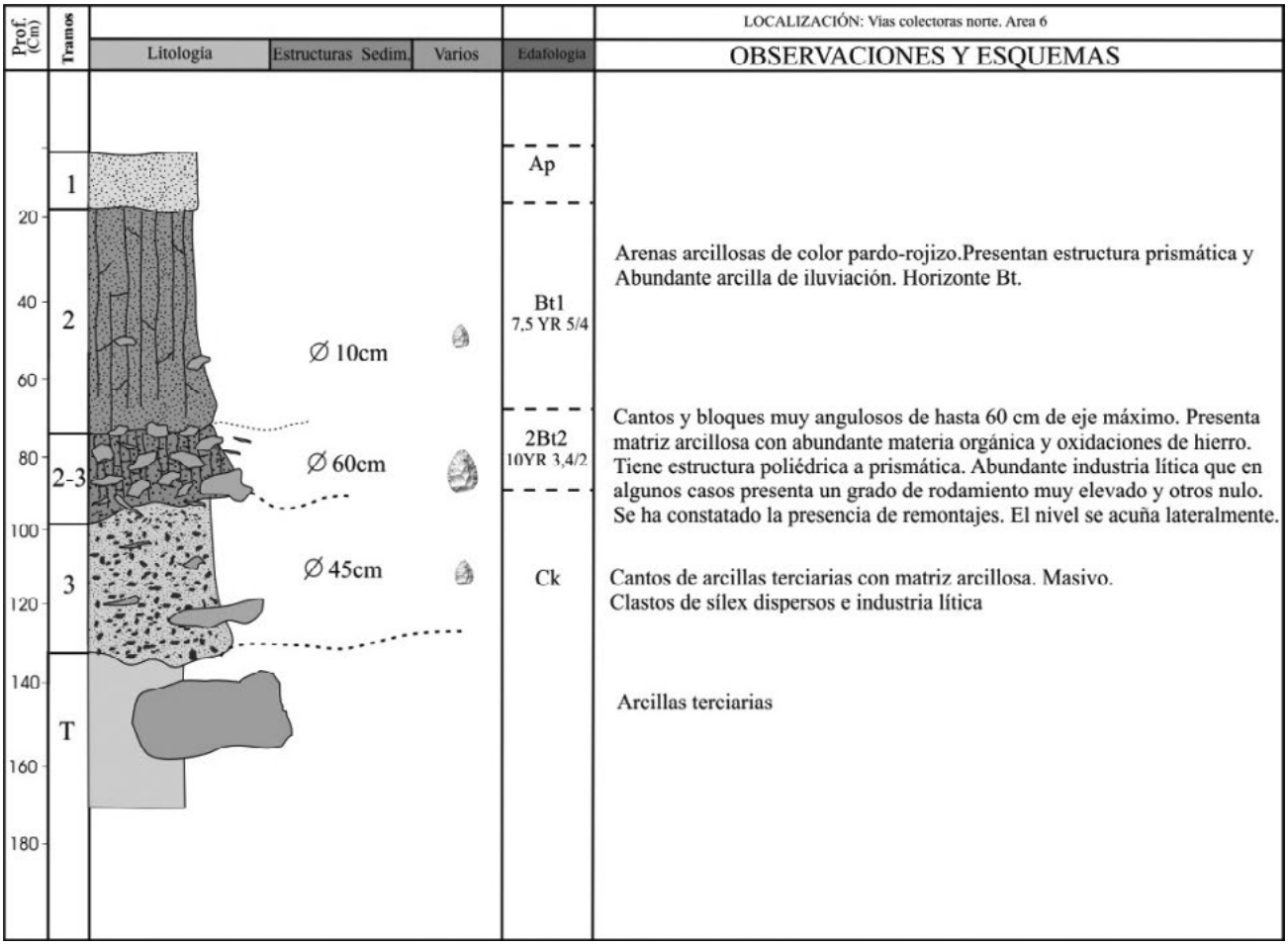


FIGURA 8. CORTE ESTRATIGRÁFICO DE ÁREA3.

FIGURA 9. CRIBADO DE SEDIMENTO.

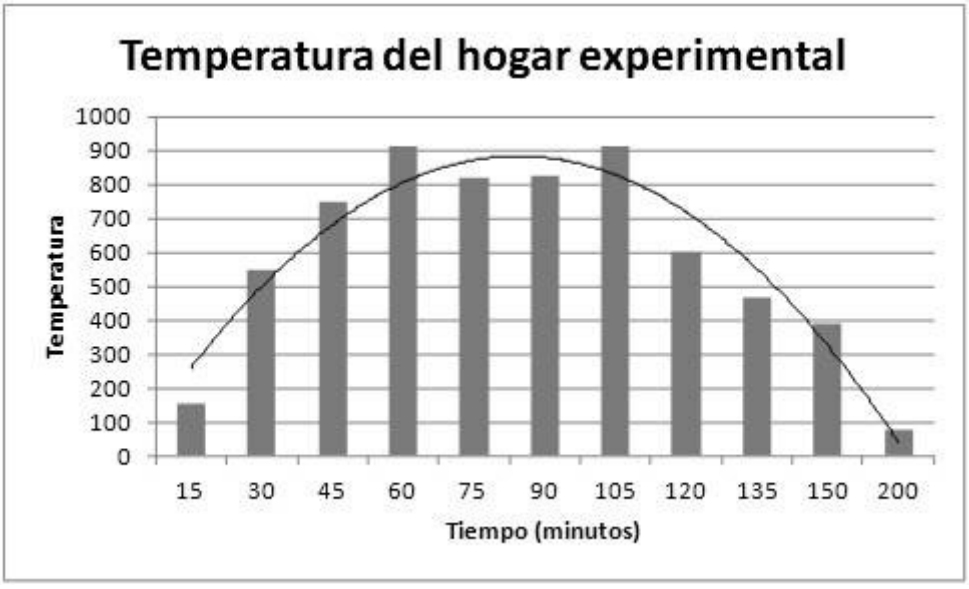


FIGURA 10. TEMPERATURA ALCANZADA POR EL HOGAR CADA 15 MINUTOS.

Figura 11. Hogar antes y después de la ignición.

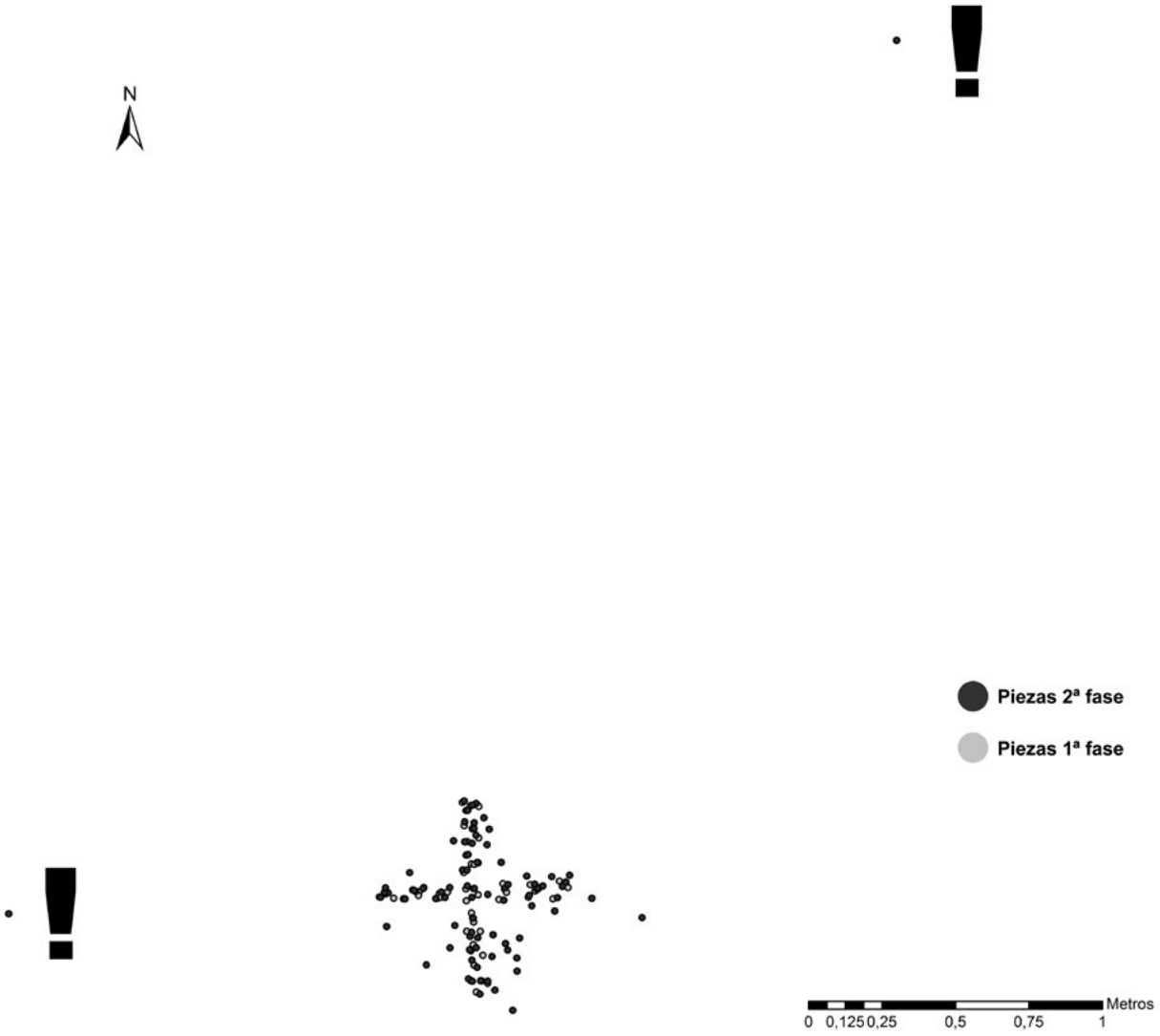


FIGURA 12. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE PIEZAS DEL HOGAR EXPERIMENTAL.

Figura 13. Sistema fractal y pieza central del hogar con fractura fractal

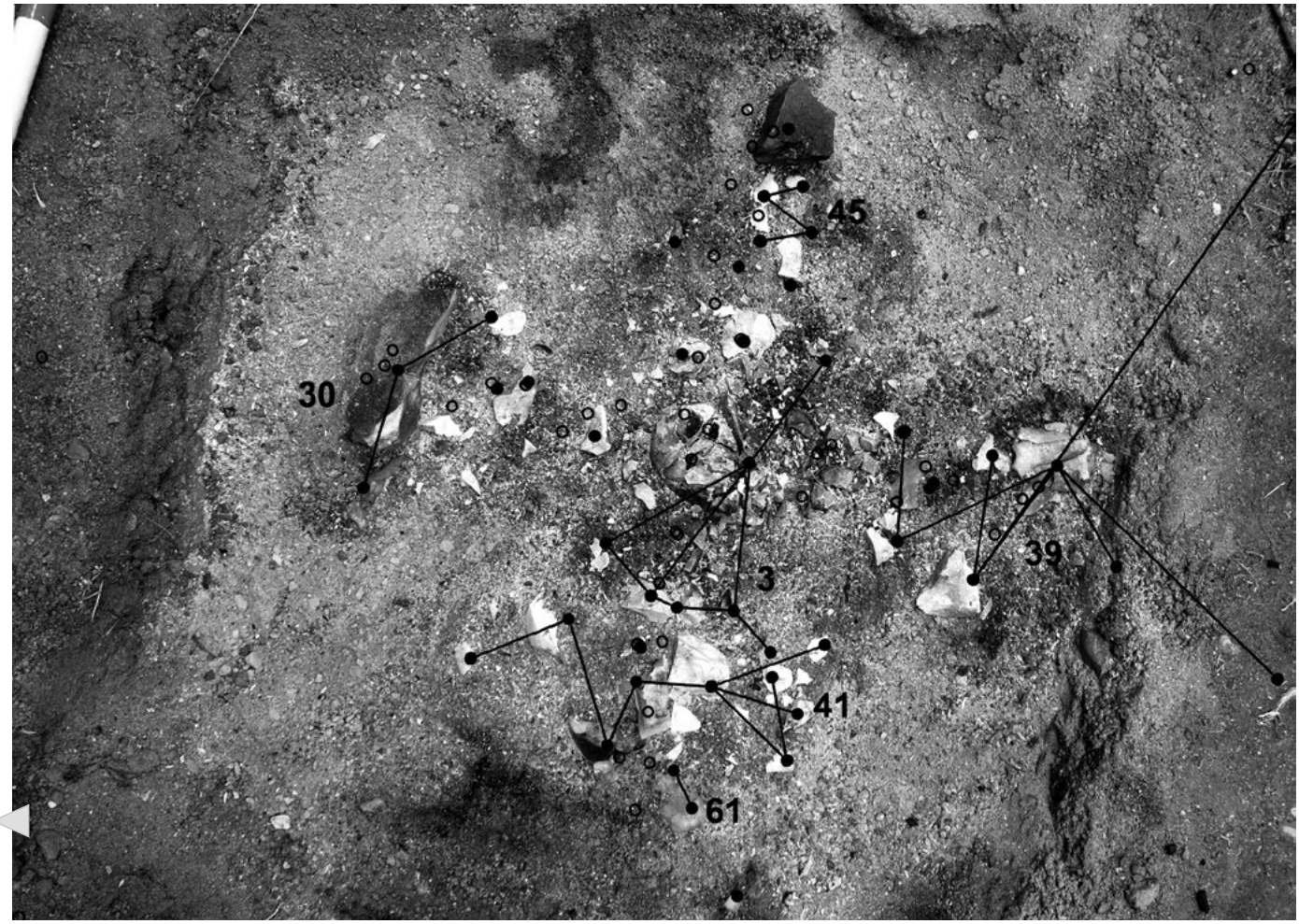


Figura 14. Planta de hogar experimental con líneas de remontajes

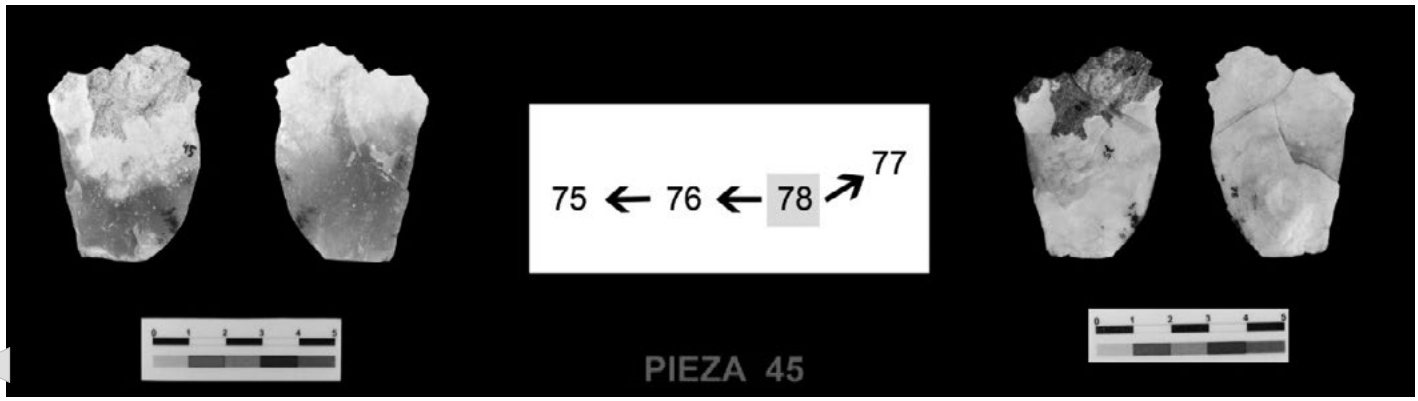


FIGURA 15. PIEZA 45 ANTES DE QUEMAR Y DESPUÉS JUNTO AL ESQUEMA FRACTAL DE REMONTAJE.

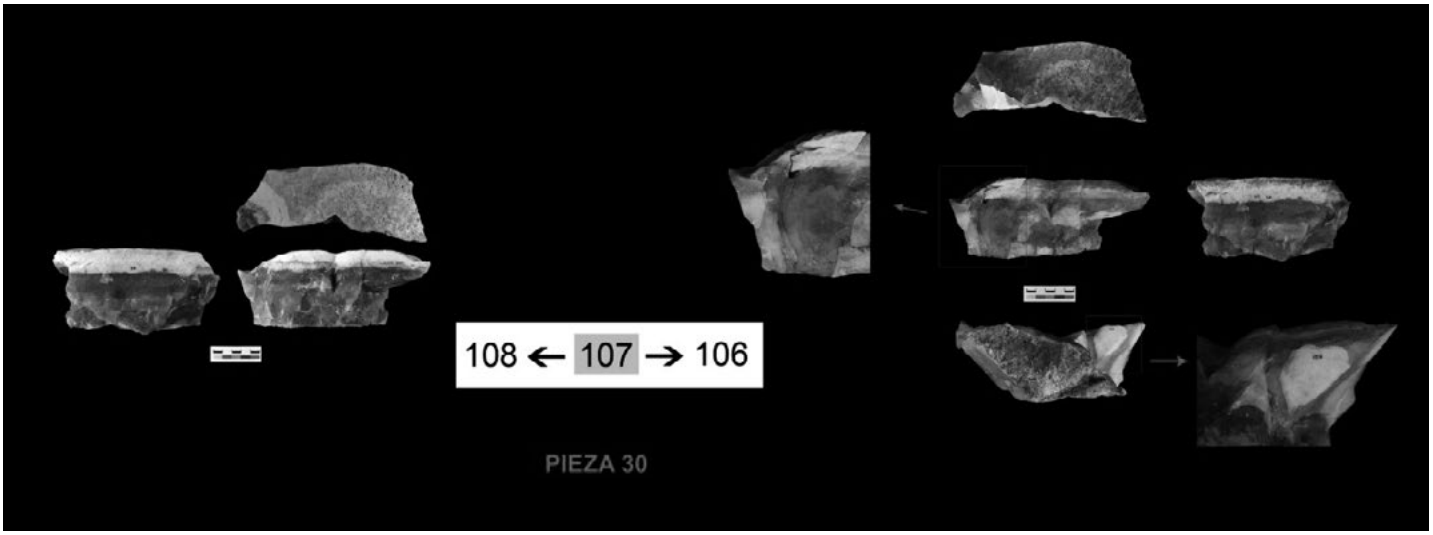


FIGURA 16. PIEZA 30 ANTES DE QUEMAR Y DESPUÉS JUNTO AL ESQUEMA FRACTAL DE REMONTAJE.

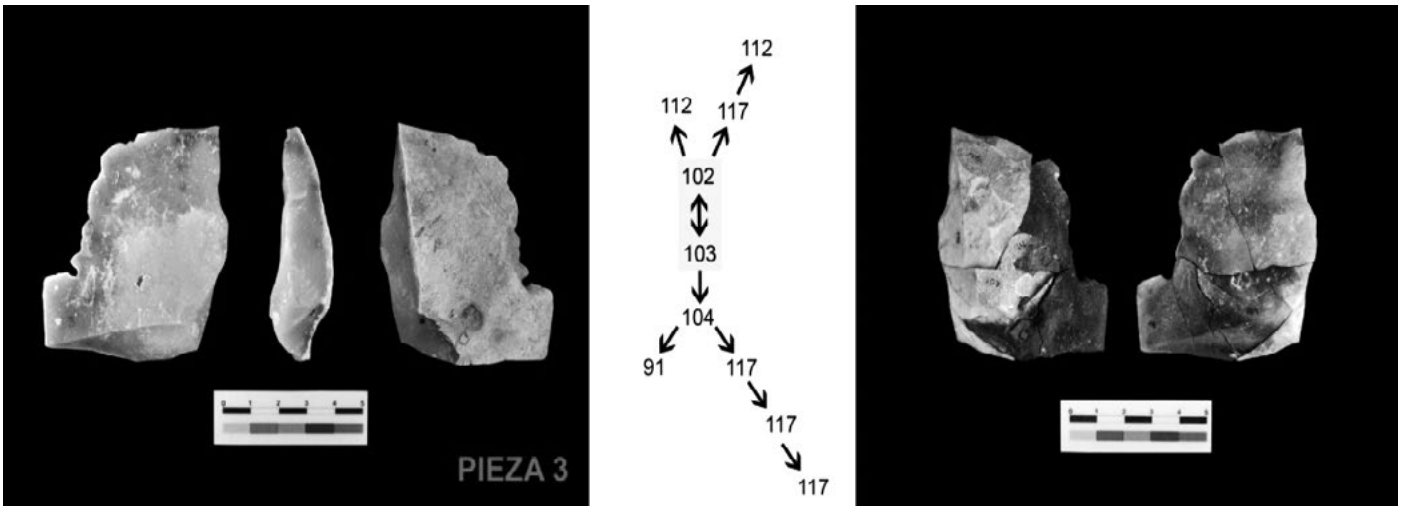


FIGURA 17. PIEZA 3 ANTES DE QUEMAR Y DESPUÉS JUNTO AL ESQUEMA FRACTAL DE REMONTAJE

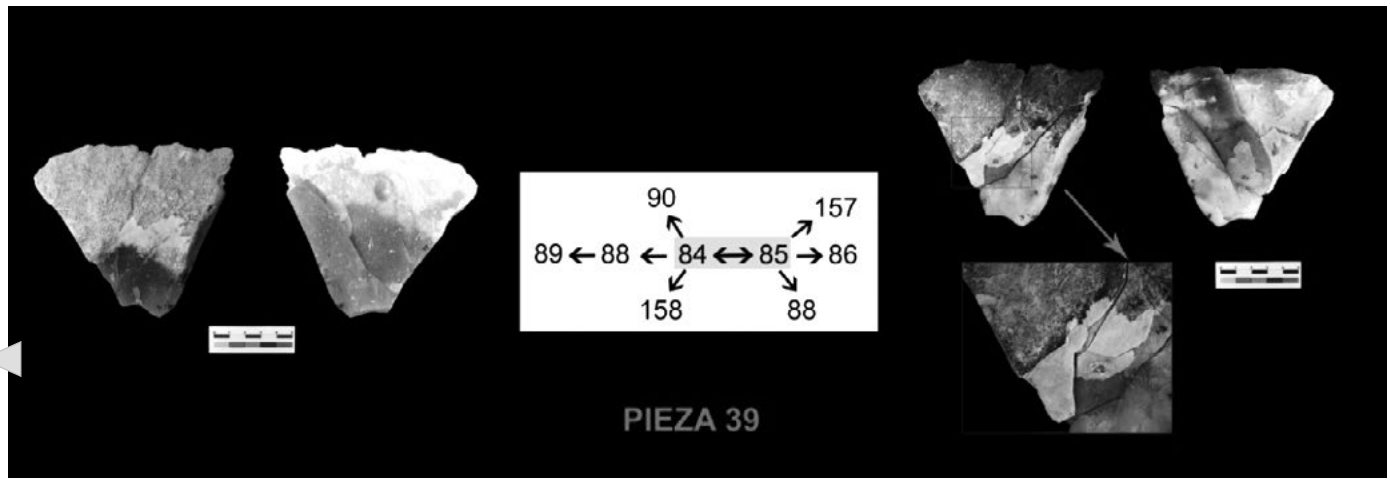


FIGURA 18. PIEZA 39 ANTES DE QUEMAR Y DESPUÉS JUNTO AL ESQUEMA FRACTAL DE REMONTAJE.

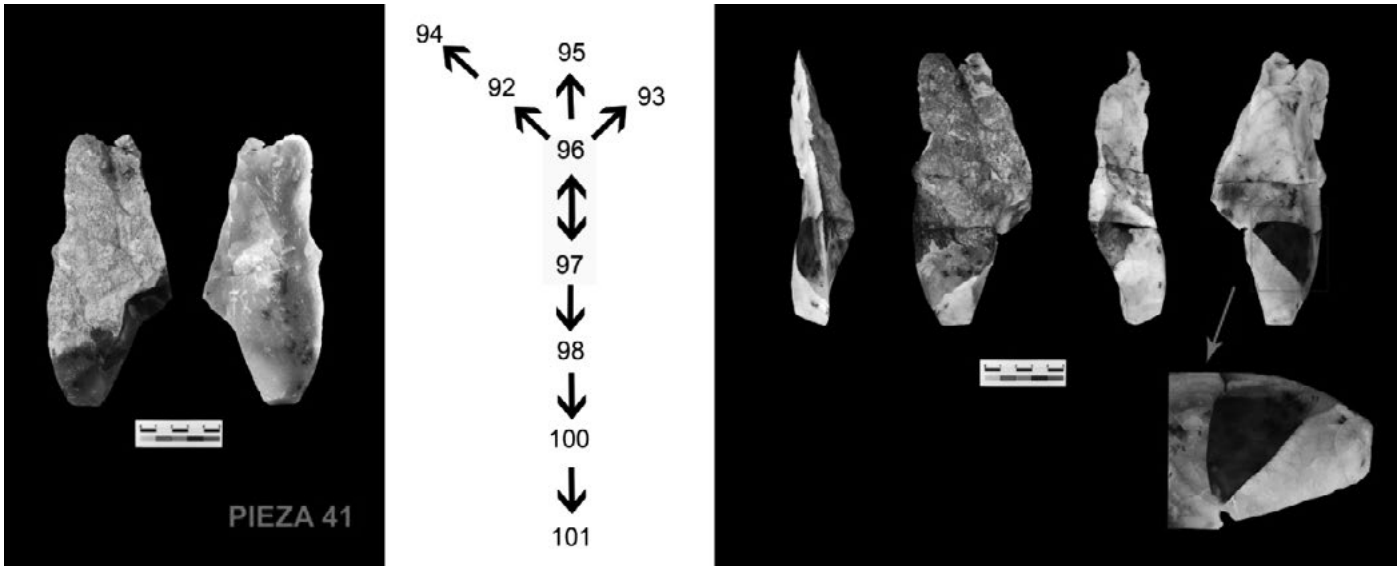


FIGURA 19. PIEZA 41 ANTES DE QUEMAR Y DESPUÉS JUNTO AL ESQUEMA FRACTAL DE REMONTAJE.

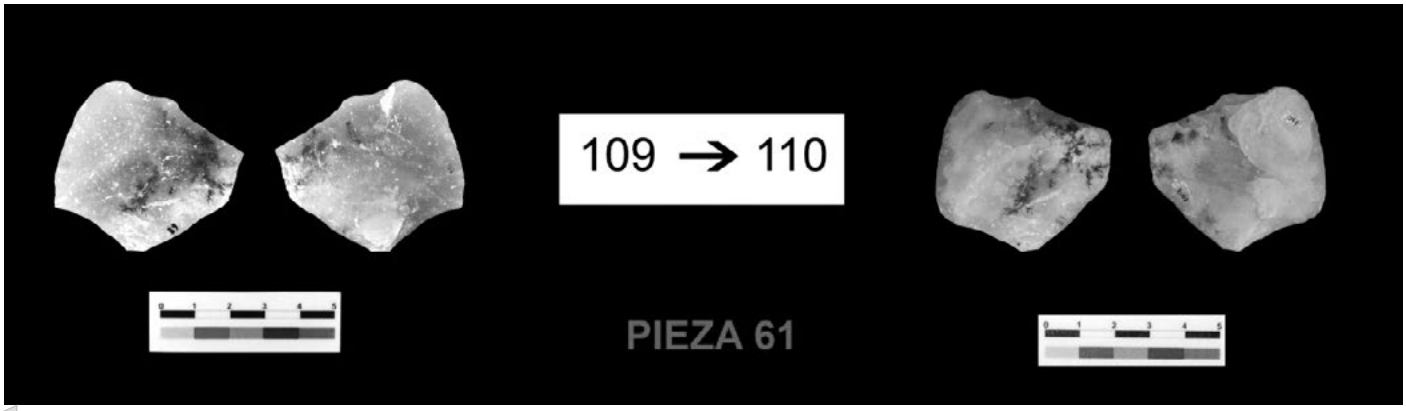


FIGURA 20. PIEZA 61 ANTES DE QUEMAR Y DESPUÉS JUNTO AL ESQUEMA FRACTAL DE REMONTAJE.

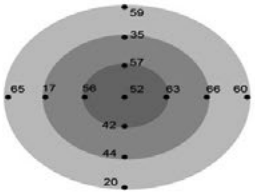
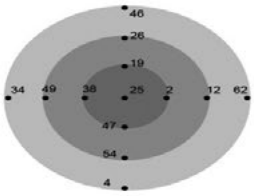
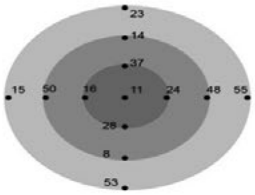
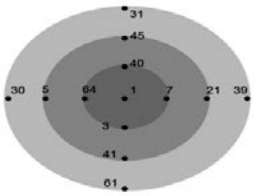
Esquema	Posición piezas	Fotografía
	**Capa 1** **Nº Coord.** / **Nº Pieza** / Observaciones 10 — 20 — Bulbo hacia abajo 11 — 44 — Cortical arriba, bulbo hacia abajo 12 — 42 — Bulbo hacia abajo 13 — 52 — Cortical bulbo hacia abajo 14 — 57 — Bulbo hacia abajo 15 — 35 — Cortex arriba 16 — 59 — Bulbo arriba 17 — 60 — No cortical bulbo hacia abajo 18 — 66 — No cortical bulbo hacia arriba 19 — 63 — No cortical bulbo hacia arriba 20 — 56 — Cortical bulbo hacia arriba 21 — 17 — no cortical bulbo hacia abajo 22 — 65 — no cortical bulbo hacia arriba	
	**Capa 2** **Nº Coord.** / Nº Pieza / Observaciones 23 — 4 — Cortex hacia arriba 24 — 54 — Cortex hacia abajo 25 — 47 — Cortex arriba, bulbo hacia abajo 26 — 25 — Bulbo hacia abajo 27 — 19 — Bulbo hacia abajo 28 — 26 — bulbo hacia arriba 29 — 46 — bulbo hacia arriba 30 — 62 — Bulbo hacia abajo 31 — 12 — Bulbo hacia abajo 32 — 2 — Nódulo 33 — 38 — Bulbo hacia abajo 34 — 49 — Bulbo hacia abajo 35 — 34 — Cortex hacia abajo	
	**Capa 3** **Nº Coord.** / Nº Pieza / Observaciones 36 — 53 — Bulbo hacia abajo 37 — 8 — Córtex hacia abajo 38 — 28 — Bulbo hacia arriba 39 — 11 — Bulbo hacia arriba 40 — 37 — Córtex hacia arriba 41 — 14 — Bulbo hacia arriba 42 — 23 — Bulbo hacia abajo 43 — 55 — Bulbo hacia abajo 44 — 48 — Bulbo hacia arriba 45 — 24 — Bulbo hacia abajo 46 — 16 — Bulbo hacia arriba 47 — 50 — Bulbo hacia abajo 48 — 15 — Bulbo hacia arriba	
	**Capa 4** — **SUPERFICIE** **Nº Coord.** / Nº Pieza / Observaciones 49 — 61 — Bulbo hacia abajo 50 — 41 — Bulbo hacia arriba 51 — 3 — Bulbo hacia abajo 52 — 1 — Córtex hacia arriba 53 — 40 — Bulbo hacia abajo 54 — 45 — Bulbo hacia arriba 55 — 31 — Córtex hacia arriba 56 — 39 — Córtex hacia abajo 57 — 21 — Bulbo hacia abajo 58 — 7 — Córtex hacia arriba 59 — 64	

TABLA 1. PROCESO DE ENTERRAMIENTO Y POSICIÓN DE LAS PIEZAS POR CAPAS.

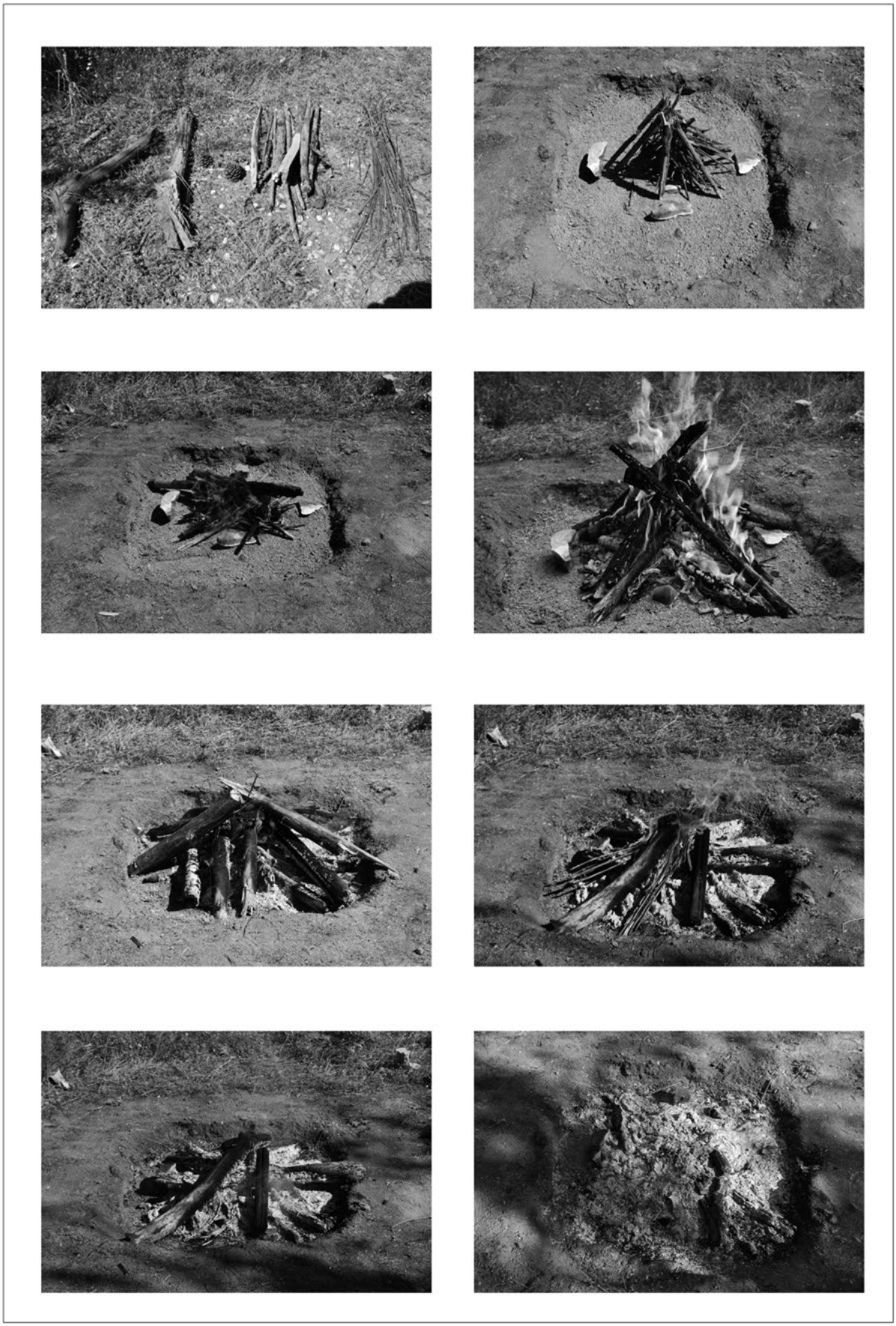


Tabla 2. Proceso de encendido del hogar hasta la extinción del fuego.

Índice de desplazamiento.			
Niveles	**Max (cm)**	**Mín (cm)**	**Media (cm)**
Superficie	342	0.8	37.6
Nivel I	1.6	0.2	0.8
Nivel II	1.8	0.3	1.2
Nivel III	2.2	0.3	1

Tabla 3. Índice de desplazamiento.

Índice de fracturación		
Capas	**Nºpiezas antes**	**Nº piezas despues**
Superficie	13	314
Nivel I	13	14
Nivel II	13	13
Nivel III	13	13

Tabla 4. Índice de fracturación.

Percepción, comprensión e interpretación en S-T

BAECULA. S.I.G. APLICADOS AL ESTUDIO DE UN CAMPO DE BATALLA DE LA SEGUNDA GUERRA PÚNICA

BAECULA. GIS APPLIED TO THE STUDY OF A SECOND PUNIC WAR BATTLEFIELD

Carmen Rueda Galán[1]

Juan Pedro Bellón Ruiz

José Valderrama Zafra

Resumen

Desde el año 2006 desarrollamos desde el Instituto de Investigación en Arqueología Ibérica el Proyecto denominado '*Baecula*', centrado en el análisis de los restos conservados de la Batalla de *Baecula*, donde se enfrentaron Escipión el Africano y Asdrúbal Barca (208 aC.). En ese escenario, debemos articular el análisis de asentamientos que cuentan con una amplia secuencia hasta estructuras utilizadas en el rango de unos días, si bien, el aspecto más novedoso de nuestro proyecto incide precisamente en la constatación de un campo de batalla (armas, impedimenta, monedas,...), los restos de varios campamentos, así como el camino que siguió el ejército romano en su ataque, revelado por un indicador muy claro: los *clavii caligari* (restos de sandalias romanas).

Nuestro campo de batalla es un laboratorio arqueológico. Nuestra metodología articula el uso de la prospección de superficie, los detectores de metales así como la realización de sondeos puntuales. Todo ello se articula mediante un SIG que permite la integración de todo el registro a través de dos tipos de entidades: área y punto. La primera responde al registro de materiales de superficie; en cambio, las entidades tipo 'punto' recogen aquéllos elementos (fundamentalmente metálicos) asociados a la batalla que poseen información propia y cuyo análisis de distribución es la clave para interpretar su desarrollo.

La distribución de determinados *items* en el campo de batalla nos conduce a valorar que estamos analizando un evento de unos días pero dentro del mismo existen cambios, tiempos más cortos: horas o quizás minutos.

Palabras clave: SIG, campos de batalla, *Baecula*, Segunda Guerra Púnica, ejército romano, campamento cartaginés.

Abstract

Since 2006 at the Institute for Iberian Archaeology Research we have been undertaking the '*Baecula*' project, which focuses on the analysis of the preserved remains of the Battle of Baecula fought between the armies under the command of Scipio the African and Hasdrubal Barca (208 BC). It is in that setting that we have to organise an analysis of the settlements that cover an extensive sequence, including structures used within a range of days. Nevertheless, the most innovative aspect of our project impacts particularly on the corroboration of a battlefield (weapons, impedimenta, coins, etc.), the remains of various encampments and the route taken by the Roman army during their attack, which is very clearly revealed by *clavii caligari* (the remains of Roman sandals).

Our battlefield is an archaeological laboratory. Our methodology combines surface surveying, metal detecting and excavation at specific points. These are coordinated within a GIS that allows the whole record to be integrated using two types of entity: areas and points. The former corresponds to the record of surface finds, while the latter records those elements (mainly metallic) linked to the battle, which possess their own information. The distribution analysis of the latter is key to interpreting how the battle unfolded.

The distribution of specific items on the battlefield leads us to the conclusion that we are analysing an event that lasted several days, but that within it there were changes and shorter periods: hours or perhaps even minutes.

[1] Instituto Universitario de Investigación en Arqueología Ibérica (Universidad de Jaén). Universidad de Jaén. Campus Las Lagunillas, s/n. Edificio C6. 23071 Jaén (España). caruegal@ujaen.es, jbellon@ujaen.es, jmzafra@ujaen.es.

Keywords: GIS, battlefields, *Baecula*, Second Punic War, Roman Republican Army, Carthaginian Camps.

ANTECEDENTES

El estudio de la guerra en la antigüedad ha sufrido durante décadas, sino centurias, de la prevalencia de los estudios filológicos a los que era frecuente sumar el reconocimiento de la topografía y toponimias antiguas. En suma, ambos sistemas dependían de la lectura más o menos crítica que el autor desprendiese de sus datos, de sus fuentes, válidos desde el punto de vista epistemológico cuando éstos contaban con el apoyo epigráfico o numismático. En este campo, la arqueología ha sido considerada como un 'actor secundario' hasta finales del siglo XX (en España)[2], generando un sistema en el cual la visibilidad de la guerra dependía de su presencia/ausencia en las fuentes. Por otra parte, la identificación de los sitios se convertía en un paradigma positivista, puesto que eran el propio objetivo de la investigación, obviando otros factores, otros análisis como el impacto de los procesos de conquista en las comunidades indígenas (Bellón *et al.* 2013a). Los últimos trabajos realizados en el norte de España, sobre el proceso de conquista en el marco de las Guerras Cántabras (Morillo 2002; Morillo 2003; Martínez 2009) ponen de manifiesto la validez de la metodología arqueológica en el territorio para formular hipótesis regionales coherentes, aportando materiales, campamentos, procesos de avance del ejército romano que permiten obtener una visión detallada de dichos procesos de conquista más allá de su trascendencia en las fuentes clásicas.

Fuera de España, en los últimos años estamos asistiendo a un notable impulso de líneas de investigación relacionadas con el estudio de la guerra en la antigüedad, entendida en sus múltiples manifestaciones, desde el uso de la violencia, como medio coercitivo y como sistema de apropiación de territorios y recursos desde la prehistoria, hasta los cambios en la propia concepción de un enfrentamiento de estas características que se aleja de sus rasgos más genéricos para penetrar en los detalles de la relación entre el individuo, sus armas, su capacidad técnica o letal, y su papel en el campo de batalla, distanciándose de las propias consecuencias del conflicto concreto para centrarse en aspectos técnicos, estratégicos, psicológicos,... (Hanson 1989; Keeley 1996; Keegan 1996; Brizzi 2002; Guilaine y Zammit 2002; Lendon 2006; Raaflaub 2007). Un aspecto historiográfico que me parece necesario resaltar es que si exceptuamos los debates planteados por P. Clastres (2004) o los clásicos de B. Malinowsky (2008)[3] frente al desarrollo de la *conflict archaeology* es manifiesta la carencia de estudios antropológicos renovados sobre el papel de la guerra en las sociedades antiguas, es decir, que habría cambiado el enfoque epistemológico de las *formas* de observar y analizar la guerra en la antigüedad pero no se ha producido un avance paralelo sobre la dimensión antropológica de dichos nuevos enfoques.

En nuestro caso, contábamos con un amplio conocimiento arqueológico del territorio del Alto Guadalquivir gracias a una labor continuada del estudio del mismo a través de distintos proyectos de prospección arqueológica (Ruiz y Molinos 2007). Frente a este conocimiento directo del territorio existía cierto sesgo en la información arqueológica en lo que respecta al proceso de conquista romana del mismo, proceso que tuvo su punto de partida con el desarrollo de la Segunda Guerra Púnica. Sobre este episodio, las fuentes romanas nos aportan numerosos detalles al respecto, pero aparte de su visión sesgada del conflicto se desprendían indicadores, evidencias que debían poseer su realidad material observable: campos de batalla, campamentos, guarniciones, restos de destrucción de ciudades,... Lo que nos interesaba, desde el punto de vista metodológico, era contrastar nuestra capacidad de observación de dichos elementos, considerando además que los mismos constituyen anomalías arqueológicas, como defiende F. Quesada en un trabajo paradigmático (Quesada 2008: 21-35). En efecto, por su magnitud, por su carencia de estratigrafías, su proceso de formación y abandono -apenas días- y por el efecto de procesos postdeposicionales (expolios, hallazgos posteriores,...) constituyen un tipo de sitios arqueológicos poco conocidos o que, sin serlo, pueden conducir a lecturas erróneas realizadas desde su reconocimiento como sitios-tipo tradicionales. Este es el caso del Cerro de las Albahacas en Santo Tomé (Jaén), donde en 2004 constatamos la existencia de un campo de batalla relacionado con la Segunda Guerra Púnica y que identificamos con la *Baecula* citada por las fuentes clásicas, gracias al desarrollo de un sistema de prospección y muestreos selectivos, basados en los condicionantes topográficos y de otro tipo aportados por las fuentes (Bellón *et al.* 2004)

Es necesaria una justificación profunda para subrayar -porque parece necesario- nuestro papel como investigadores de la guerra en la antigüedad, a los que andamos en el juego del doble filo de la navaja puesto que se trata de una temática que despierta cierto interés social (quizás fruto del reflejo de la misma en los medios audiovisuales) o quizás sea sólo una cuestión cultural (Scurati 2007), hechos que en ocasiones deriva en el apoyo institucional y económico de proyectos focalizados en la misma; sin embargo, esta línea de investigación es objeto de críticas sobre su parcialidad o grado de especialización, quizás asociando su estudio a un pasado propio, reciente, como ha sido el de la Dictadura del General Franco en nuestro país donde tanto el trauma de la guerra civil española como el posterior papel del ejército en el gobierno

[2] Una síntesis del desarrollo de la disciplina en España puede encontrarse en el trabajo de G. Mora (2007), así como un estado actual de la investigación en E. Kavanagh y F. Quesada (2007).
[3] Los textos originales recopilados son de 1924, 1936 y 1941.

y la cultura han marcado un trauma social que implica el rechazo instintivo a su análisis histórico. A ello debemos añadir la línea historiográfica -por desgracia muy presente en los manuales escolares- que presentaba el proceso histórico nacional como una sucesión de monarcas, militares, gestas y batallas,... Como señala F. X. Hernández, la guerra es *una temática incómoda, políticamente incorrecta, es la cara fea de la historia... y la reflexión sobre ella puede conducir a debates ideológicos problemáticos* pero *la guerra es también parte del pasado, y una parte importante, y a menudo determinante, y por ello su no consideración conlleva a una percepción acientífica de la historia* (Hernández 2007: 5).

Finalmente, llama la atención el proceso de demanda social que ha generado la Ley de la Memoria Histórica en nuestro país. Dicha ley pretende la recuperación de una parte de memoria perdida, enterrada, en muchos casos anónima, una memoria reciente y aún sangrante puesto que fue un problema no resuelto por el proceso conocido en España como Transición democrática, es decir, una decisión política en una coyuntura social determinada. En nuestra disciplina si considerásemos únicamente los datos aportados por las fuentes romanas -en nuestro caso- y prescindiendo de la información potencial que ofrece la arqueología, estaríamos legitimando una visión parcializada de la historia, no sólo por disponer o aceptar una única mirada al respecto sino porque la guerra ha tenido consecuencias sociales, culturales y políticas mucho más complejas y profundas.

LA BATALLA DE BAECULA[4]

Tras la toma de Cartagena (*Carthagonova*) en el año 209 a.n.e., Publio Cornelio Escipión -más tarde apodado 'el Africano' por su victoria sobre Aníbal Barca en Zama (Túnez)-, decidió lanzarse a la conquista del Alto Guadalquivir, zona que constituía una de las regiones mineras más importantes del sur de la península ibérica además de una fuente importante de aprovisionamiento para sus ejércitos (Montenegro 1991)[5]. Por otra parte, la toma de Cartagena, aparte de sus implicaciones estratégicas como principal base naval de Cartago en la península ibérica supuso -como señalaba J. F. Lazenby (1978: 140-142)- la pérdida del apoyo de una parte considerable de los 'pueblos ibéricos' al bando cartaginés[6], no obstante, la situación era bien distinta en el Valle del Guadalquivir, donde el apoyo a los cartagineses seguía siendo considerable (Fig. 1).

Polibio (X, 38 a 40) y Tito Livio (XXVII, 18) son los autores romanos que con más detalle nos narran el escenario de la Batalla de *Baecula* que en el 208 a.n.e. enfrentó a Asdrúbal Barca -hermano de Aníbal- y Escipión el Africano. Existen distintas lecturas sobre su desenlace, las más recientes la consideran como una "acción de retaguardia reñida" (Quesada 2012), frente a las que la han considerado como el primer éxito del general romano en una batalla campal (Lazenby 1978: 142) pero es destacable, más allá de sus consecuencias para el conflicto general de la Segunda Guerra Púnica, el detalle con el que las fuentes nos narran un escenario de estas características, con movimientos de tropas, establecimiento de campamentos, tácticas militares,... Asdrúbal estaría acampado junto a la ciudad de *Baecula*, la llegada del ejército romano a la zona determinaría el traslado de su campamento a una posición defensiva (una altura con una explanada; detrás del campamento habría un río y todo estaría rodeado por un 'ribazo' abrupto, según Tito Livio). Tras el establecimiento del campamento romano y un par de días de indecisión, Escipión decide atacar, provocando la salida de las tropas ligeras cartaginesas y más tarde, la realización de un ataque combinado por los flancos cartagineses, hecho que determinaría la retirada de los mismos.

Es oportuno en este punto exponer ciertas magnitudes sobre la estimación de la escala humana de la batalla, la cual se desarrolla a dos kilómetros de un *oppidum* ibérico (*Baecula*, reconocida como *urbem*, por las fuentes citadas), el cual posee unas dimensiones aproximadas de 20 ha de perímetro fortificado, constituyendo uno de los grandes *oppida* ibéricos del Alto Guadalquivir, frente a Cástulo o *Iliturgi* que poseen dimensiones próximas a las 50/60 ha. Además la ciudad se localizaría en uno de los pasos o vados tradicionales del río Guadalquivir, ocupando una posición regional estratégica de acceso al pago de Cástulo (Ruiz *et al.* 2001; Ruiz y Molinos 1993). Es en este marco donde se enfrentan el ejército romano, cuya masa humana podría estar integrada por unos 35000 efectivos, frente al ejército cartaginés, cuya entidad es más difícil de establecer pero que se estima menor que el romano y que podría estar integrado por unos 25000 hombres (Quesada 2012: 22). La suma de ambos bandos, así como la presencia de auxiliares, aliados, etc... nos sitúa en el contexto a analizar: 60000 hombres enfrentados y dejando restos de sus armas, monedas, ropas y armaduras en el campo de batalla y en los campamentos en un periodo no superior a diez días.

Como ha recogido M. Dobson (2013) incluso la construcción de los campamentos romanos republicanos estaba totalmente planificada, existiendo tareas distribuidas y asignadas por grupos o incluso jornadas de entrenamiento de las tropas en la construcción de este tipo de estructuras. Es decir, que incluso tratándose de campamentos relacionados con los desplazamientos de los ejércitos (no estables) suponían todo un ejercicio táctico para la tropa y muy alejado de

[4] Se encuentra en prensa una extensa monografía que recoge, entre otros, los resultados del Proyecto *Baecula*.
[5] Una reciente obra colectiva recoge las nuevas interpretaciones y actualiza historiográficamente el conflicto de las guerras púnicas (Hoyos 2011).
[6] Este mismo autor plantea que Asdrúbal Barca se vio forzado a plantear batalla a los romanos con el objetivo de inclinar de nuevo la balanza a favor del bando cartaginés, consciente de que la pérdida del apoyo de la masa indígena suponía una derrota táctica de primer orden (Lazenby, 1978: 140)

la improvisación o el azar. El mínimo de referencia constructiva consistiría en la existencia (no uniforme, podría estar combinada) de empalizadas, fosos y terraplenes, además de su adaptación y aprovechamiento de las defensas naturales, en su caso. En el campo de batalla analizado por nosotros hemos tenido la oportunidad de concretar la existencia de tres campamentos, en dos de los cuales hemos realizado sondeos que han confirmado la existencia de empalizada y terraplén y, finalmente, estructuras relacionadas con la ocupación inmediatamente posterior a la batalla en las que se realizaban tareas de acopio de provisiones y reciclaje de elementos metálicos (Rueda *et al.* 2014)

Si los campamentos han sido objeto de sondeos muy puntuales, el campo de batalla ha requerido de la ejecución de un amplio sistema de muestreo mediante transects, en un entorno aproximado de 300 ha, en las que la superficie muestreada alcanzaba el 15% en 2010 y que en 2013 podríamos estimar en torno a las 60 ha. El sistema ha consistido en la prospección arqueológica superficial en unidades de muestra (cuadrículas) de aproximadamente 10 x 10 m, adaptadas, en todo caso, a las plantaciones de olivar de la zona. Los materiales de superficie (fundamentalmente cerámica) fueron recogidos sistemáticamente por unidades de muestra; frente a ellos, se realizó una prospección geomagnética (detector de metales) cuyos *items* eran situados mediante GPS (Fig. 2). A lo largo de las campañas realizadas (7 campañas de un mes de duración media) hemos podido individualizar más de 6500 elementos metálicos, si bien, sólo unos 2800 pueden ser asociados al evento de la batalla. En suma, un ingente volumen de información que debía ser gestionado adecuadamente mediante un software que permitiese su referenciación espacial y la multiarticulación de los atributos asignados a cada uno de los materiales individualizados (Bellón *et al*. 2013b)

EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA DOCUMENTACIÓN ARQUEOLÓGICA DE UNA BATALLA: *BAECULA*.[7]

Existen muchas definiciones de lo que es un Sistema de Información Geográfica, que técnicamente Felicísimo describe como el *"Conjunto de software de ordenador, hardware y periféricos que transforman datos referenciados geográficamente, en información sobre localizaciones, interacciones espaciales y relaciones geográficas de las entidades fijas o dinámicas que ocupan un espacio en los entornos naturales o construidos"* (Felicísimo 2003) y que ya cuentan con un amplio bagaje en su aplicación directa a la arqueología (Grau 2006; Conolly y Lake 2009) y con un desarrollo propio, es decir, con herramientas concretas que responden a las necesidades de nuestra disciplina.

El software utilizado para el diseño del SIG 'Baecula' ha sido el *Geomedia Professional versión 06.01.02.04 (Intergraph Corporation)*; los datos referenciados geográficamente, serían los procedentes de la microprospección, entre otros, que en este caso ocupan un entorno natural que es el Cerro de las Albahacas y sus alrededores, es decir, el propio campo de batalla, si bien, nuestra intención pasa por la consecución de un sistema capaz de integrar los análisis y muestreos realizados en otros espacios, como la microprospección del *oppidum* de Turruñuelos, las excavaciones con sondeos realizadas o el estudio de la evolución del territorio en su sentido sincrónico y diacrónico a largo plazo.

Los datos de la microprospección en el Cerro de las Albahacas configurarían un SIG vectorial, compuesto por elementos espaciales de carácter geométrico, como el punto o el área y que llevan asociados una serie de atributos temáticos, que se manejan desde tablas, sujetas al concepto de base de datos relacional. Esta distribución punto/área responde a las propia realidad del registro arqueológico, porque recuperamos material de superficie (cualquier tipo de evidencia aunque predomina la cerámica) y también restos enterrados o semienterrados mediante el detector de metales (por tanto, sólo restos metálicos que individualizamos mediante coordenadas precisas). El análisis de cada uno de ellos, aunque puedan coincidir en el propio evento de la batalla, es diferente y sigue procesos de estudio distintos.

Cada uno de ellos, genera por tanto una entidad, de tipo punto, en el caso de los metales, y de tipo área en el segundo y tendrá asociados una serie de atributos, uno de los cuales constituirá la clave primaria, el Id_Punto para el caso de los metales y el Id_Cuadrícula para la cerámica y otros elementos de superficie. El diagrama entidad-relación (Fig. 3) muestra la estructura propuesta, donde las entidades se representan mediante rectángulos, y sus atributos con elipses. Para las relaciones entre entidades se emplean los rombos. En este caso, la relación entre las entidades CERÁMICA y METALES, sería de 1 a N (porque una cuadrícula puede contener N elementos metálicos)

La alimentación del Sistema de Información Geográfica pasa por la inclusión de los datos de georeferenciación (las posiciones) medidas con GPS, bien mediante toma de datos de puntos (metales) o bien mediante la digitalización y generación de cuadrículas georeferenciadas que sirvan de base para las unidades de muestra superficiales (entidades).

Los metales (entidad tipo punto) cuentan con varios atributos principales, como:

[7] Las bases del diseño del S.I.G. que recogemos aquí, así como un trabajo académico específico (Diploma Estudios Avanzados) fueron realizadas por Inmaculada Cárdenas. También están recogidos en un trabajo presentado a la *International conference on Innovative Methods in Product Design (*Cárdenas *et al.* 2011*)*

- ID_MATERIAL. Aproximación al tipo de material. Es una descripción genérica que a veces resulta suficiente pero está abierta, ya que no contaremos con una tipología cerrada de materiales hasta que no concluyamos el proyecto, siendo conscientes además de que no poseemos un corpus de materiales de referencia sino que es el propio campo de batalla el que lo construye.
- ID_CUADRÍCULA. Cuadrícula en la que se inserta el punto.
- ID_TRANSECT. Transect en el que se encuentra la cuadrícula de referencia y el punto.
- ID_CAMPAÑA. Campo que contiene la referencia a la campaña (anual).

Un caso distinto de desarrollo de análisis lo sigue la entidad 'Cerámica' (tipo área). Los atributos se extraen en este caso de la ficha de estudio generada tras el análisis en laboratorio del conjunto de cerámica y otros restos recogidos en superficie en cada cuadrícula (que recordemos tiene unas dimensiones aproximadas de 100 m^2). Entre las variables caben destacar las cuantitativas: como peso o número de fragmentos, generales y por etapa cronológica genérica (prehistórica, ibérica, romana, medieval, moderno, contemporáneo). Otra variable definida específicamente para nuestro estudio ha sido la determinación del grosor de los fragmentos cerámicos presentes en superficie debido a que observamos una gran cantidad de restos de recipientes de almacenaje y quisimos 'controlarlos' para determinar la calidad de la observación citada.

En esta línea, uno de los trabajos que se han realizado ha estado orientado a la clasificación cuantitativa de los artefactos cerámicos, más concretamente la densidad de cerámica ibérica (que se adscribe al momento de la batalla), entendida como el número de fragmentos de este periodo por metro cuadrado. El estudio de la distribución espacial de esta variable, ha resultado de gran interés, ya que sus concentraciones indican con claridad las zonas de acampada. Por ejemplo, sosteníamos la hipótesis de la existencia de un campamento romano en la cima del Cerro de las Albahacas a través de determinados indicadores metálicos (clavos para sujetar tiendas de campaña). Esta hipótesis se refuerza con el estudio de la densidad de la cerámica ibérica, la cual muestra notables concentraciones en la cima del cerro, en el ámbito donde se situarían tanto el campamento cartaginés atacado por los romanos, como el propio campamento romano establecido tras la batalla.

Para que los intervalos elegidos para su representación cartográfica, resultasen representativos de la realidad, fue preciso conocer la distribución de la variable, elaborando el correspondiente histograma de frecuencias. El gráfico nos informa de que la distribución es sesgada, y por tanto lo mejor es emplear una progresión geométrica, para que los rangos de las clases aumenten exponencialmente (X1, X2, X3, etc.), empleando la siguiente fórmula:

Donde 'n' es el número de intervalos, y H y L el valor más alto y más bajo respectivamente. Con este método se consigue subdividir los valores inferiores, y enriquecer la representación, ya que se muestra su variabilidad, en lugar de que ésta quede enmascarada en una sola categoría. Los resultados obtenidos con este proceso han sido muy positivos, ya que la zona con mayores concentraciones, se sitúa en la parte más elevada de la colina (Fig. 4).

La gestión de los datos a través del S.I.G. permite obtener cartografías, mapas temáticos, que en su conjunto o en aspectos concretos pueden ayudar tanto a obtener detalles sobre el desarrollo de la batalla, por ejemplo, los movimientos de determinados tipos de tropas, como los honderos de las Islas Baleares, bien documentados en nuestro caso o, por otra parte, una visión de conjunto en donde la suma de variables permite reconstruir, a grandes rasgos, el desarrollo del enfrentamiento.

Existen, no obstante, varios aspectos a tener en cuenta, entre ellos, la propia pérdida de información que ha supuesto la alteración del registro original, de la coyuntura cero del contexto, así como la propia complejidad histórica del espacio analizado, en este caso, la unidad geomorfológica que integra el Cerro de las Albahacas, donde hasta el momento hemos constatado la existencia de una larga secuencia de ocupación humana, desde la prehistoria hasta nuestros días, así como el propio uso del sitio como espacio en el que seguramente se cultivaría y se efectuarían labores de pastoreo también desde etapas antiguas.

De hecho, nos enfrentamos a toda una problemática analítica con la mera separación de los materiales metálicos que asociamos o no al evento de la batalla. Existen elementos contundentes, como puntas de lanza, monedas, fíbulas, etc, pero otros, como clavos de hierro, puntas de hierro,… que son difíciles de integrar en el S.I.G. En muchos casos, la identificación es mucho más compleja y hemos preferido asignar una categoría 'cautelar' para no descartar la información que en un futuro puedan ofrecer ciertos fragmentos de piezas que hoy no somos capaces de identificar (E.M.N.I.= Elementos Metálicos No Identificados) y que pueden ser objeto de revisiones continuas (Fig. 5).

Esta problemática condiciona el desarrollo de los atributos de la base de datos asociada al S.I.G., puesto que no podemos establecer listas cerradas de materiales o, dentro de ellos, tipologías preestablecidas, con lo cual las consultas quedan determinadas por el avance que se haya podido producir en esas líneas de análisis en periodos de tiempo algo más largos. Nuestro *modus operandi* pasa en este momento por introducir en el S.I.G. las categorías más claras y estables. Por

ejemplo, en el caso de las monedas, podemos distinguir las que pertenecen o no a la batalla como primer paso, para luego concretar las emisiones y sus cecas (hispano-cartaginesas, cartaginesas, romanas, procedentes de Cástulo,…). El siguiente paso sería su clasificación tipológica basada en las distintas emisiones monetales.

Otro aspecto que nos parece interesante desatacar aquí es la dualidad cualitativa que poseen la mayoría de los materiales que asociamos a la batalla, puesto que recientes campañas de excavación con sondeos nos están permitiendo documentar estructuras asociadas a los campamentos que las insertan en los tipos usuales de contextos arqueológicos, si bien, con la peculiaridad de que se tratan de tiempos de uso muy limitados (días).

Los materiales propios del campo de batalla son efímeros (día/horas/minutos), es decir, fruto de la acción que generó un evento histórico y que en el caso del propio enfrentamiento sabemos que no duró más de una jornada; y son fruto de una acción dinámica, es decir, consecuencia de una acción o grupo de acciones determinadas por el movimiento de tropas, su posicionamiento, el lanzamiento de sus armas arrojadizas, la caída de los elementos de defensa, impedimenta y ofensivos durante la propia acción de la batalla… en suma, no son elementos estáticos como podrían considerarse los contextos arqueológicos analizados normalmente: estructuras, espacios, restos de pautas de almacenamiento, consumo,… Nuestra intención es tratar de introducir estas cualidades en los análisis de gestión del S.I.G. Por ejemplo, hemos sido capaces de atribuir estas variables a la interpretación realizada sobre los restos de tachuelas (clavos) de las sandalias que portaban los legionarios romanos, es decir, su dispersión nos indica el movimiento de las tropas en el interior del campo de batalla y también en el traslado de las tropas desde su salida del campamento romano hasta el mismo, donde hemos podido comprobar el punto exacto del despliegue de las mismas.

Los resultados del análisis de la distribución de tachuelas en el propio campo de batalla son determinantes para establecer los movimientos de las tropas romanas. Gracias a las utilidades de Geomedia, se ha generado un nuevo atributo, que indica el número de *Tachuelas* por cuadrícula, y se han establecido áreas de influencia con diámetros proporcionales a dicho atributo, integrando así la técnica cartográfica del símbolo graduado. Puede observarse un ataque por el eje central del campo de batalla con orientación S-N, asociado al ascenso de la infantería ligera y, por otra parte, un movimiento de tropa romana de considerable magnitud hacia el flanco izquierdo del ejército cartaginés que quizás muestren las maniobras tácticas realizadas por Escipión (Fig. 6 y 7).

En esta misma línea, también hemos podido determinar el posicionamiento de los honderos del ejército cartaginés, al menos en dos puntos del campo de batalla, pero esta interpretación parte de la mera observación de la distribución de sus ‘huellas’: los glandes de plomo lanzados por los mismos; queremos ir más allá, intentando determinar esos puntos mediante el análisis de trayectorias, de las *ratios* en las que dichas armas son letales, y considerando, obviamente, los posibles efectos derivados de procesos postdeposicionales, como erosivos, de arrastre, pendientes, las labores agrícolas, etc.

Existen algunos trabajos de referencia en este sentido, así como análisis experimentales, como en el caso de las tachuelas, donde se ha podido demostrar y cuantificar la pérdida de estos elementos del calzado de los legionarios romanos con grupos de recreación histórica (controlados) (Himmler 2008). Pero son más difíciles de encontrar trabajos de referencia sobre el uso de las armas (sobre todo arrojadizas), los análisis de sus posibles trayectorias y sus puntos de lanzamiento. Es paradigmático el caso de Little Big Horn, batalla que a finales del siglo XIX enfrentó al General Custer con varias tribus indígenas comandadas por el Jefe sioux Tasunka Witko (Scott *et al.* 1989) pero la dimensión temporal y el uso de armamento moderno nos distancia enormemente de la guerra antigua. Aquí contamos con escasos análisis, como el constatado en Alemania, en las proximidad des de Oberesch, donde la intervención arqueológica ha encontrado las huellas de las trazas de los lanzamientos de proyectiles romanos contra una emboscada de grupos germanos (Rost y Wilbers-Rost 2012) o, en la península ibérica, la acción defensiva atestiguada en Andagoste, donde ha quedado la huella del foso defensivo inacabado que trató de crear un pequeño destacamento romano que sucumbió ante el ataque de un grupo indígena del valle de Cuartango (Álava) en torno al año 38 a.C. (Unzueta y Ocharán 2006) y, más recientemente, el campo de batalla de El Pedrosillo (Gorgues *et al.* 2009) que se encuentra en proceso de análisis pero en el que ha constatado la disposición de estructuras defensivas (*tituli*) en el enfrentamiento entre romanos y grupos lusitanos en la segunda mitad del siglo II a.n.e.

Por tanto, un análisis arqueológico de un campo de batalla puede definirse como un evento dinámico en el que también participan estructuras ‘estables’ y tangibles dentro del escenario, como los campamentos, aunque su uso no superase varios días, a lo sumo una semana y en el que es el propio contexto el que se retroalimenta porque no existen –de momento- técnicas analíticas que nos puedan datar con la precisión necesaria este tipo de contextos.

También es necesario insistir en la consideración del S.I.G. como una herramienta más que como un fin en sí misma, error al que vemos avocados muchos proyectos de investigación que, desde nuestro punto de vista posicionan en un primer plano algo que no debemos considerar como el objeto mismo de estudio, de investigación sino como una herramienta de

registro y gestión de datos, exceptuando aquí líneas de investigación precisamente destinadas a experimentar con estas herramientas, a avanzar en su aplicación para la arqueología. En nuestro caso, creemos que el uso del S.I.G. es determinante dado el propio carácter del registro: disperso, amplio, extenso, y fundamentalmente superficial o subsuperficial.

Uno de los primeros objetivos de nuestro proyecto, desde que localizamos el campo de batalla en 2004, en el Cerro de las Albahacas (Santo Tomé, Jaén) fue el de intentar determinar la extensión y límites del mismo, objetivo que necesariamente pasaba por la realización de muestreos de prospección arqueológica (en nuestro caso, transectos) que intentamos orientar de forma sistemática (muestreos con intervalos regularizados) pero también selectiva para tratar de determinar determinados movimientos de tropas en distintas zonas o la presencia/ausencia de restos de la batalla en otras.

DESPUÉS DE LA BATALLA

Al estudio microespacial del campo de batalla debemos añadir los estudios realizados en el entorno de la misma. Aquí es donde el foco de la investigación cobra coherencia y articula procesos generales, como el desarrollo de la Segunda Guerra Púnica en todo el Mediterráneo y procesos locales, como el impacto de la misma a nivel local.

La interpretación de los datos generales del campo de batalla señalan que ciertamente el espacio entre el primer choque entre ambos ejércitos (romano y cartaginés) y la zona de formación del ejército cartaginés, en la cima del cerro, junto al campamento no supera apenas los 600 m. Las fuentes romanas indican que Asdrúbal pudo retirarse con el grueso de su ejército y con el tesoro, es decir, la caja militar, con lo cual, los datos nos indican que la huída del general cartaginés fue planificada, medida y regulada, puesto que no podría huir precipitadamente, desordenadamente, de su campamento con apenas 500 m de diferencia con el enemigo. Por consiguiente, la victoria romana podría ser minimizada, puesto que el ejército cartaginés logró escapar de la posición sin sufrir graves pérdidas y sacrificando a parte de sus tropas ligeras.

Arqueológicamente observamos que la distribución de materiales tiende a concentrarse precisamente en la ladera sur de la cima del Cerro de las Albahacas, aunque no hemos encontrado apenas evidencias de la lucha cuerpo a cuerpo (lo cual señalaría la importancia de las tropas ligeras, como honderos, caballería númida, etc) quizás sea debido a un sesgo en el registro, puesto que las armas dedicadas a este enfrentamiento (espadas, puñales, escudos,...) son las que sufren con más determinación la posterior limpieza del campo de batalla por parte del ejército vencedor. Entre las piezas que podríamos relacionar con esta lucha podríamos citar los restos de vainas de espada o puñal, y algunas láminas de hierro que podrían ser consideradas como restos de hojas o esquirlas de espadas y puñales.

De cualquier modo, el proceso de análisis del campo de batalla (intensificando la prospección) y de los materiales irá perfilando hipótesis más ajustadas, más detalladas al respecto. Lo que nos interesa resaltar es el impacto regional y local del evento analizado.

Si hemos dicho que la victoria romana debe ser minimizada como tal sobre el ejército de Asdrúbal Barca, no debemos olvidar que supuso la entrada, la conquista del Alto Guadalquivir por parte de Roma, conquista que se consolidaría con la toma de *Cástulo* e *Iliturgi* en el 206 a.n.e. Por otra parte, supuso la división, la fragmentación de los ejércitos cartagineses en la península ibérica, puesto que Asdrúbal tomó la decisión de marcharse a Italia para reforzar al ejército de su hermano, Aníbal, estacionado en el sur de la península. Dicha estrategia tuvo consecuencias nefastas, con su derrota en la Batalla del Metauro en el año 207 a.n.e.

Lo que constatamos en el territorio local de *Baecula* son distintas realidades arqueológicas que deben correlacionarse con el evento y con el proceso de conquista y transformaciones introducidas por Roma en el Alto Guadalquivir. En primer lugar, los sondeos realizados en el *oppidum* señalan su abandono hacia finales del siglo III a.n.e. o inicios del II a.n.e. (no tenemos datos, pruebas concluyentes sobre si su destrucción fue consecuencia de la batalla), este abandono no fue progresivo o programado, dado el estado de los contextos conservados en la última fase de ocupación. A lo largo del siglo II a.n.e. se producen cambios estructurales en los sistemas de asentamiento de la zona, ya que, tras el abandono de la cabeza del territorio (el *oppidum* de *Baecula*) aparecen una serie de asentamientos fortificados, de dimensiones reducidas (2-4 has) en las zonas próximas a la vega del río Guadalquivir; más tarde, a mediados del siglo II a.n.e. puede observarse con claridad la profusión de pequeños asentamientos en llano, sin fortificar, con dimensiones inferiores a las 2 has y con una mayor frecuencia y distribución más homogénea en el territorio (Ruiz *et al.* 2014; Gómez 2014). No será hasta el siglo I d.n.e. cuando parece volver a concentrarse la población en torno a un municipio romano (Stylow 1990) articulado con el sistema de *villae* en el ámbito de su territorio más próximo. Es decir, el proceso de consolidación de un modelo de conquista se desarrolló a lo largo de más de doscientos años (Fig. 8).

CONCLUSIONES

Nos irrita y nos estimula, pero nuestro Sistema de Información Geográfica se encuentra 'en construcción', gracias a las aportaciones de la arqueología, del software, de la cartografía,... pero además es un trabajo que debe completarse según se sigan extrayendo datos de nuevas campañas de prospección y excavación. Esta situación se debe a que precisamente nuestro corpus de materiales no es un sistema cerrado sino todo lo contrario: estamos creándolo y discutiéndolo continuamente, gracias a nuevas aportaciones, también desde la arqueología de otros proyectos de investigación, como los realizados por el equipo de J. Noguera en el campamento documentado en la desembocadura del Río Ebro (Noguera 2008). Además el propio desarrollo del SIG nos permitirá realizar procesos de análisis cada vez más complejos, y traerán consigo la implicación de nuevas disciplinas, como por ejemplo el análisis estadístico o la introducción y experimentación con diferentes algoritmos presentes en el software SIG.

De cualquier modo, la aplicación del SIG al escenario de la Batalla de *Baecula* ha supuesto un apoyo imprescindible para el propio desarrollo metodológico del proceso de investigación. Las preguntas al sistema han sido continuas y su plasmación en cartografía nos permitía reelaborar, rediseñar y plantear nuevos muestreos en determinadas zonas del campo de batalla. Los datos almacenados en el SIG se consiguen gestionar de un modo eficiente, perdurable y versátil puesto que constituyen un sistema de registro informatizado e inserto en una base de datos pero nos gustaría resaltar que además de las posibilidades de intercambio con otros investigadores o la realización de consultas sencillas sin necesidad de poseer conocimientos complejos al respecto, el trabajo con el SIG forma parte del proceso de investigación arqueológica.

Hemos defendido que el proyecto constituye un laboratorio metodológico, un modelo metodológico e histórico (Bellón *et al*. 2014). En el primer caso porque son aún extraños los casos de análisis arqueológico sistemático de un campo de batalla antiguo y éste debe adaptarse a determinadas condiciones impuestas por el paisaje, el contexto, las condiciones de conservación, los presupuestos,... pero también ha sido determinante la carencia de corpus de materiales que nos permitiesen disponer de un referente comparativo directo. En el segundo caso, porque podríamos considerar a la batalla en sí misma como un referente, o una foto de partida para el análisis de los procesos de conquista romanos en áreas regionales o locales determinadas. Nos encontramos encajando procesos temporales tan cortos como días en dimensiones culturales amplias, como el desarrollo de la cultura ibérica en el Alto Guadalquivir, es decir, procesos seculares que nos muestran la complejidad arqueológica presente en el territorio. Como arqueólogos debemos saber que este tipo de contextos existen, dejan evidencias, tienen unos rasgos propios; como historiadores debemos mirar a la guerra en la antigüedad como parte de la misma y extraer una parte de la historia que ha permanecido oculta, silenciada, parcializada por los textos que recogían la versión de los vencedores. Además, la complejidad de este tipo de eventos (en un proceso de conquista que enfrentó a dos potencias en el Mediterráneo) pasa por la mirada de las comunidades indígenas que participaron de los mismos y que fueron las primeras en sufrir, en negociar, en adaptarse a sus consecuencias.

BIBLIOGRAFÍA

BELLÓN, J. A., GÓMEZ, F., GUTIÉRREZ, L., RUEDA, C., RUIZ, A., SÁNCHEZ, A., MOLINOS, M., WIÑA, L., GARCÍA, M.ª A., LOZANO, G. 2004. *Baecula*. Arqueología de una batalla. En *Proyectos de Investigación 2002-2003*, coordinado por Antonio Gálvez del Postigo, pp. 11-66. Universidad de Jaén, Jaén.

BELLÓN, J.P.; RUEDA, C.; OSANNA, M. y RUIZ, A. 2013a. De loco ad pugnam eligendo. Primeros resultados del análisis arqueológico de una batalla de la Segunda Guerra Púnica en Lucania. *SIRIS* 13: 91-115.

BELLÓN RUIZ, J.P.; MOLINOS, M.; GOMEZ; F.; RUIZ, A.; RUEDA, C. 2013b. La batalla de *Baecula*: tras los pasos de Escipión el Africano. En *Fragor Hannibalis. Aníbal en Hispania*, editado por M. Bendala, pp. 313-333. Museo Arqueológico Regional, Madrid.

BELLÓN, J.P.; RUIZ, A.; GÓMEZ, F.; MOLINOS, M.; RUEDA, C. y CÁRDENAS, I. 2014. Analyse archéologique d'un champ de bataille de la deuxième guerre punique: *Baecula*. En *La Guerre et ses Traces. Conflits et sociétés en Hispanie à l'époque de la conquête romaine (IIIe-Ier s.a.C.)*, editado por F. Cadiou y M. Navarro. Mémoires 37, pp. 17-29. Ausonius Éditions, Burdeos.

BRIZZI, G. 2002. *Il guerriero, l'oplita, il legionario. Gli eserciti nel mondo classico*. Il Mulino, Universale Paperbacks, Bolonia.

CÁRDENAS, I., MOZAS, F. y VALDERRAMA, J. 2011. BAECULA battle Geographic Information System, *Proceedings of the IMProVe 2011,International conference on Innovative Methods in Product Design. June 15th – 17th, 2011, Venice (Italy)*, pp. 920-925.

CLASTRES, P. 2004. *Arqueología de la violencia: la guerra en las sociedades primitivas*. Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires.

CONOLLY, J. y LAKE, M. 2009. *Sistemas de Información Geográfica aplicados a la arqueología*. Ediciones Bellaterra, Barcelona.

DOBSON, M. 2013. No holiday camp. The Roman Republican Army camp as a Fine-Tuned Instrument of War. En *A companion to the archaeology of the Roman Republic*, editado por J. DeRose, pp. 214-234, Wiley-Blackwell.

FELICÍSIMO, A. M. 2003. Curso de MDT en la red. http://www.etsimo.uniovi.es

GUILAINE, J. y ZAMMIT, J. 2002. *El camino de la guerra. La violencia en la prehistoria*. Ariel Prehistoria, Barcelona.

GÓMEZ, F. 2014. El territorio de *Baecula*: análisis de la evolución del poblamiento en el curso medio-alto del Guadalquivir, En *La Segunda Guerra Púnica en la Península Ibérica. Baecula, arqueología de una batalla*, editado por J.P. Bellón, A. Ruiz, M. Molinos, C. Rueda y F. Gómez. Serie Textos CAAI 7, Universidad de Jaén, Jaén, en prensa.

GORGUES, J. G.; MORILLO, A.; RODRIGUEZ, G. y MARTIN, E. 2009. Le campement romano-républicain du 'Pedrosillo' (Casa de Reina, Badajoz, Espagne) à l'épreuve des sondages: premiers résultats de la campagne 2006. En *Limes XX. Actas XX Congreso Internacional Estudios sobre la frontera romana. León 2006,* editado por A. Morillo, R. Hanel y E. Martín. Anejos de Gladius 13: 267-279.

GRAU, I. (editor). 2006. *La aplicación de los SIG en la arqueología del paisaje*. Anejos de Lucentum 15, Alicante.

HANSON, V. D. 1989. *The western way of war*. Knopf Books, Nueva York.

HERNÁNDEZ, F. X. 2007. Presentación de la monografía 'Campos de batalla, espacios de guerra'. Íber. *Didáctica de las Ciencias Sociales, Geografía e Historia* 51: 5-6.

HIMMLER, F. 2008. Testing the 'Ramshaw' boot. Experimental Calceology on the March. 15th Roman Military Equipment Conference, Budapest 2005 (= JRMES 16): 347-357.

HOYOS, D. (editor). 2011. *A companion to the Punic Wars*. Wiley-Blackwell, Oxford.

KAVANAGH, E. y QUESADA, F. 2007. La arqueología militar romana republicana en España: armas, campamentos y campos de batalla. Panorama de la investigación reciente. En *El ejército romano en Hispania. Guía Arqueológica*, editado por A. Morillo, pp. 67-86. Universidad de León, León.

KEEGAN, J. 1996. *Histoire de la guerre. Du Néolithique à la guerre du Golfe*. Editions Dagorno, París.

KEELEY, L. 1996. *War before civilization*. Oxford University Press, Nueva York-Oxford.

LAZENBY, J.F. 1978. *Hannibal's War. A military history of the Second Punic War*. Aris & Phillips, Warminster.

LENDON, J. E. 2006. *Le ombre dei guerrieri. Strategie e battaglie nell'et*à antica. UTET Libreria, Turín.

MALINOWSKI, B. 2008. *Sulla Guerra*. Bonanno Editore, Roma.

MARTÍNEZ, A. 2009. Campamentos romanos de campaña en el extremo oriental del Cantábrico. En *Limes XX. Actas XX Congreso Internacional Estudios sobre la frontera romana. León 2006,* editado por A. Morillo, R. Hanel y E. Martín. Anejos de Gladius 13: 365-374.

MONTENEGRO, A. 1991. La conquista de Hispania por Roma, 218 a.C. En *Historia de España de Ramón Menéndez Pidal, Hispania Romana*, dirigida por J. Mª Jover, Tomo II, pp. 1-46. Espasa-Calpe, Madrid.

MORA, G. 2007. La arqueología militar romana en España: historia de la investigación. En *El ejército romano en Hispania. Guía Arqueológica*, editado por A. Morillo, pp. 11-26. Universidad de León, León.

MORILLO, A. (coordinador). 2002. *Arqueología militar romana en Hispania*. Anejos de Gladius 5. CSIC, Madrid.

MORILLO, A. 2003. Los establecimientos militares temporales: Conquista y defensa del territorio en la Hispania Republicana. En *Defensa y territorio en Hispania de los Escipiones a Augusto*, coordinado por A. Morillo, F. Cadiou y D. Hourcade, pp. 41-80. Madrid.

NOGUERA, J. 2008. Los inicios de la conquista romana en Iberia. Los campamentos de campaña del curso inferior del río Ebro. *Archivo Español de Arqueología* 81: 31-48.

QUESADA, F. 2008. La arqueología de los campos de batalla. Notas para un estado de la cuestión y una guía de investigación. En *Saldvie. Estudios de Prehistoria y Arqueología* 8: 21-35.

QUESADA, F. 2012. *Baecula* ¿Batalla campal importante o acción de retaguardia reñida?. *Despertaferro* 7: 22-26.

RAAFLAUB, K. A. (editor). 2007. *War and peace in the ancent world*. Blackwell Publishing, Oxford.

RUEDA, C., BELLÓN, J.P., GÓMEZ, F., RUÍZ, A. y MOLINOS, M. 2014. Un contexto excepcional: las áreas campamentales en la batalla de *Baecula*, En *La Segunda Guerra Púnica en la Península Ibérica. Baecula, arqueología de una batalla*, editado por J.P. Bellón, A. Ruiz, M. Molinos, C. Rueda y F. Gómez. Serie Textos CAAI 7, Universidad de Jaén, Jaén, en prensa.

RUIZ, A. y MOLINOS, M. 1993. *Los Iberos. Análisis arqueológico de un proceso histórico*. Editorial Crítica, Barcelona.

RUIZ, A. y MOLINOS, M. 2007. *Iberos en Jaén*. Serie Textos CAAI 2. Universidad de Jaén, Jaén.

RUIZ, A., MOLINOS, M., GUTIÉRREZ, L.M. y BELLÓN, J.P. 2001. El modelo político del pago en el alto Guadalquivir (s. IV-III a.n.e.). En *Territori polític i territori rural durant l´edat del Ferro a la Mediterrània Occidental,* dirigido por A. Martín y R. Plana. Monografíes d´Ullastret 2, pp. 11-22. Museu d´Arqueologia de Catalunya, Ullastret.

RUIZ, A.; RUEDA, C.; BELLÓN, J.P.; GÓMEZ, F. 2014. El factor ibero en la Batalla de Baecula: los efectos colaterales de la guerra. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada* 23, e.p.

SCOTT, D.D.; FOX, R.A.; CONNOR, M.A.; HARMON, D. 1989. *Archaeological perspectives on the battle of the Little Bighorn*. University of Oklahoma Press.

SCURATI, A. 2007. *Guerra. Narrazioni e culture nella tradizione occidentale*. Donzelli Editore, Roma.

UNZUETA, M. y OCHARÁN, J.A. 2006. El campo de batalla de Andagoste (Álava). En *Los campamentos romanos en Hispania (27 aC.-192 dC.). El abastecimiento de moneda*, coordinado por M. P. García-Bellido. Anejos de Gladius 9. Vol. II, pp. 473-491.

STYLOW. A.U. 1990. Lápidas romanas de Santo Tomé (Jaén). *Gerion* 8: 273-285.

ROST, A. y WILBERS-ROST, S. 2012. *Verteilung der Kleinfunde auf dem Oberesch in Kalkriese. Kartierung und Interpretation der römischen Militaria unter Einbeziehung der Befunde*. Römisch-Germanische Forschungen 70, Mainz.

FUENTES HISTÓRICAS

POLIBIO (trad. Balasch, M). (1996): *Historias. Libros V-XV*, Biblioteca Clásica Gredos 43, Editorial Gredos, Madrid.
TITO LIVIO (trad. Villar, J.A.). (1993): *Historia de Roma desde su fundación. Libros XXI-XXV y XXVI-XXX*, Biblioteca Clásica Gredos 176 y 177, Editorial Gredos, Madrid.

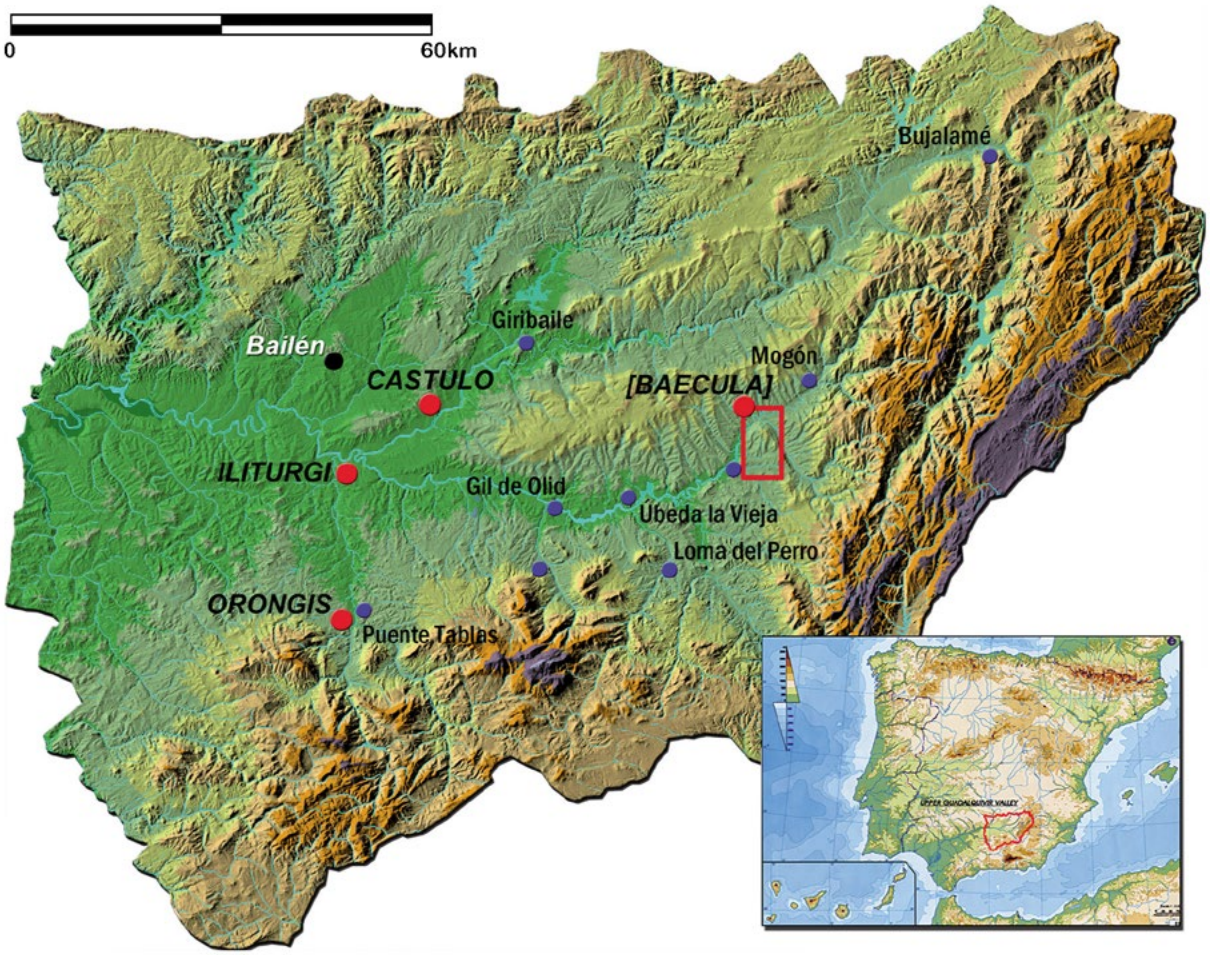


FIG. 1. ALTO GUADALQUIVIR - PROVINCIA DE JAÉN. PRINCIPALES *OPPIDA* CITADOS EN LAS FUENTES ROMANAS.

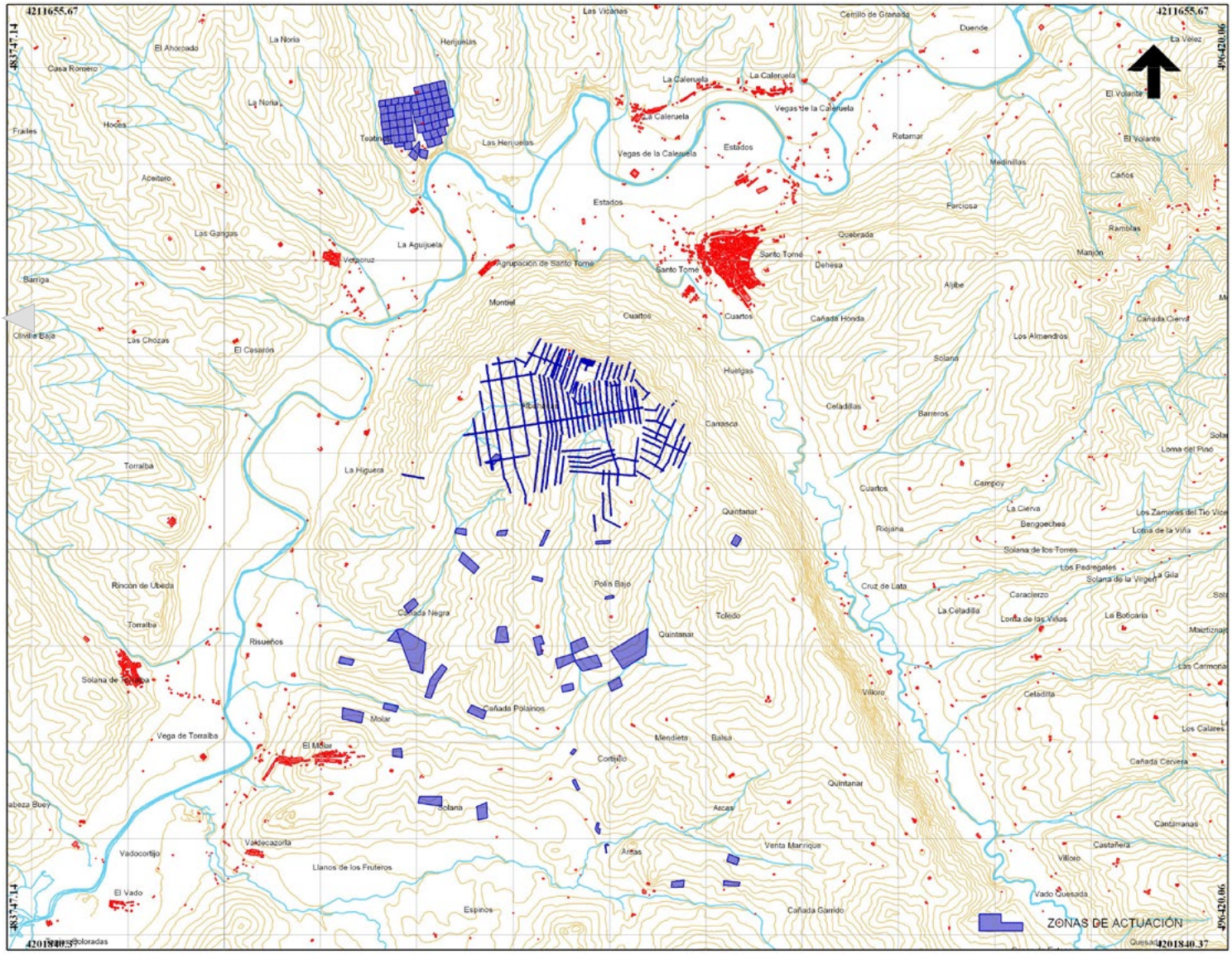


FIG. 2. DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LOS MUESTREOS EN EL CAMPO DE BATALLA Y SU ENTORNO (*OPPIDUM* DE LOS TURRUÑUELOS - *BAECULA*)

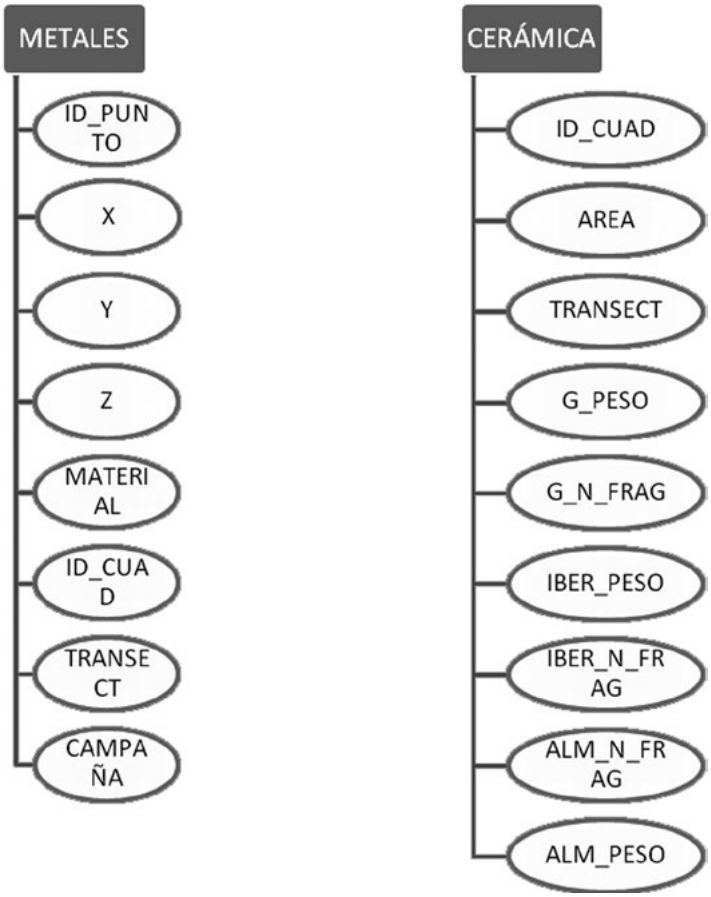


FIG. 3. DIAGRAMA ENTIDAD-RELACIÓN DEL S.I.G. DEL PROYECTO *BAECULA*.

FIG. 4. PESO DE CERÁMICA IBÉRICA EN EL ÁMBITO DE LAS ZONAS CAMPAMENTALES.

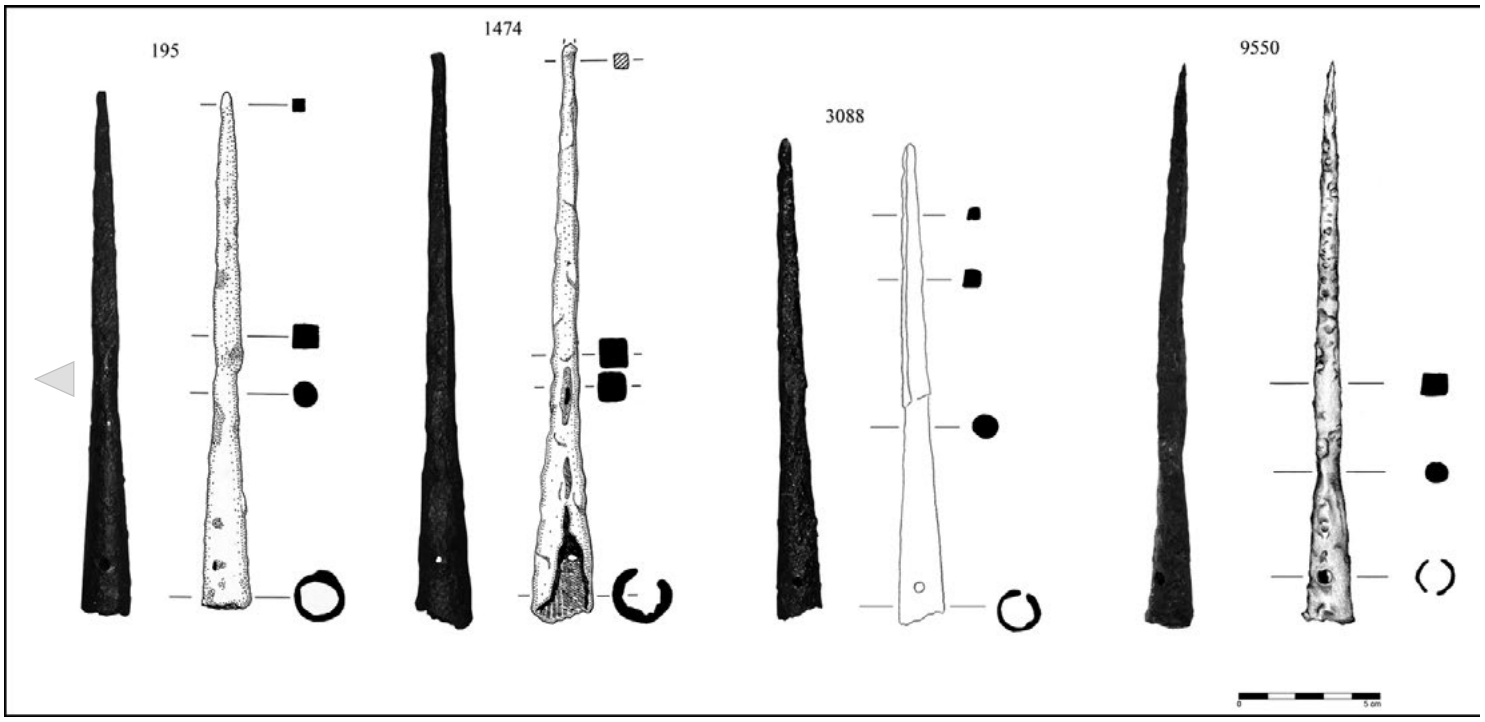


Fig. 5. Varios ejemplos de puntas de jabalina documentadas en el campo de batalla.

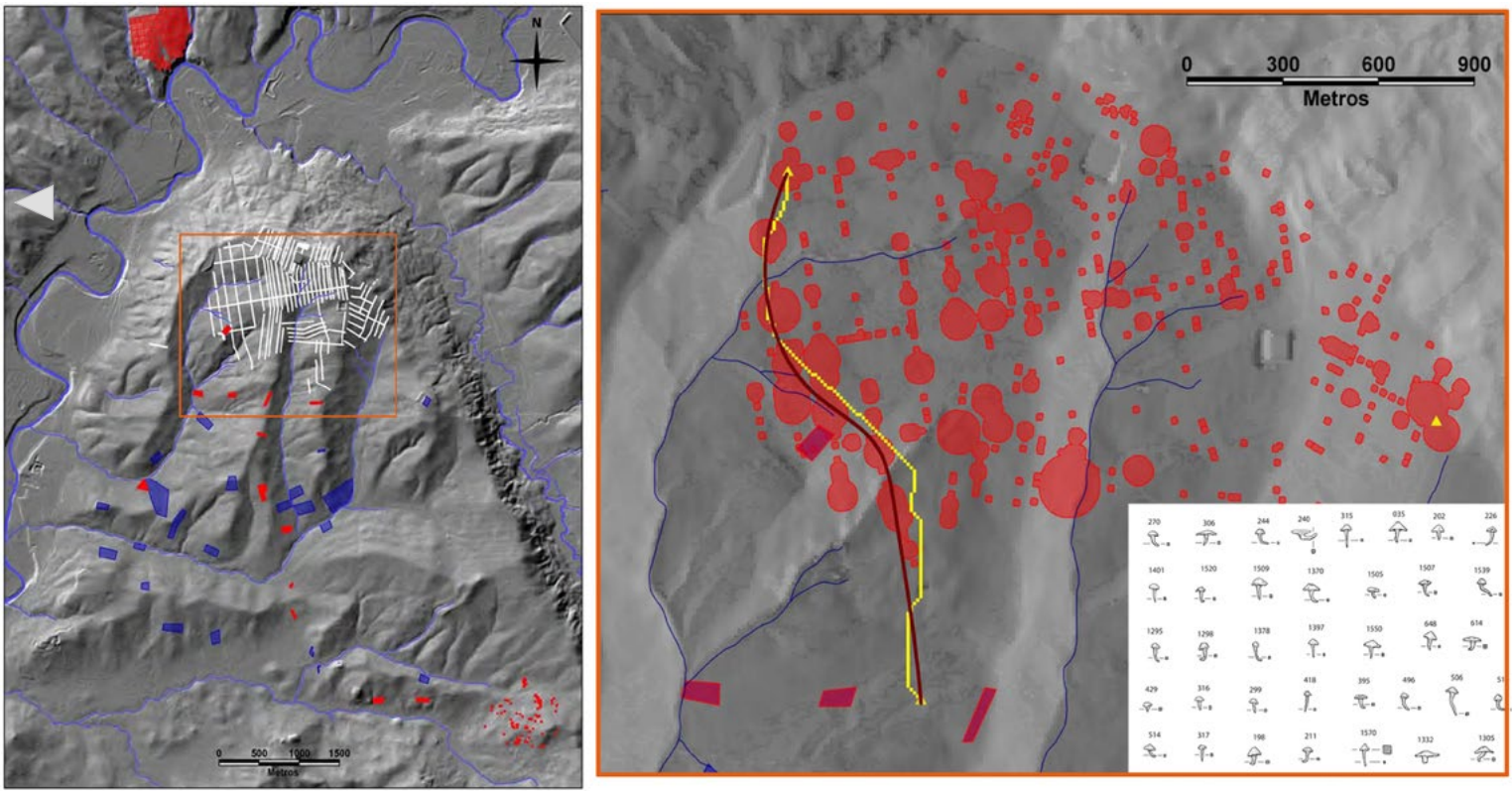


Fig. 6. Estudio de la dispersión de tachuelas (clavos de las sandalias de los legionarios romnanos). La línea blanca muestra el trazado de menor coste establecido a través del S.I.G., la línea negra sigue las zonas con mayor frecuencia de hallazgos.

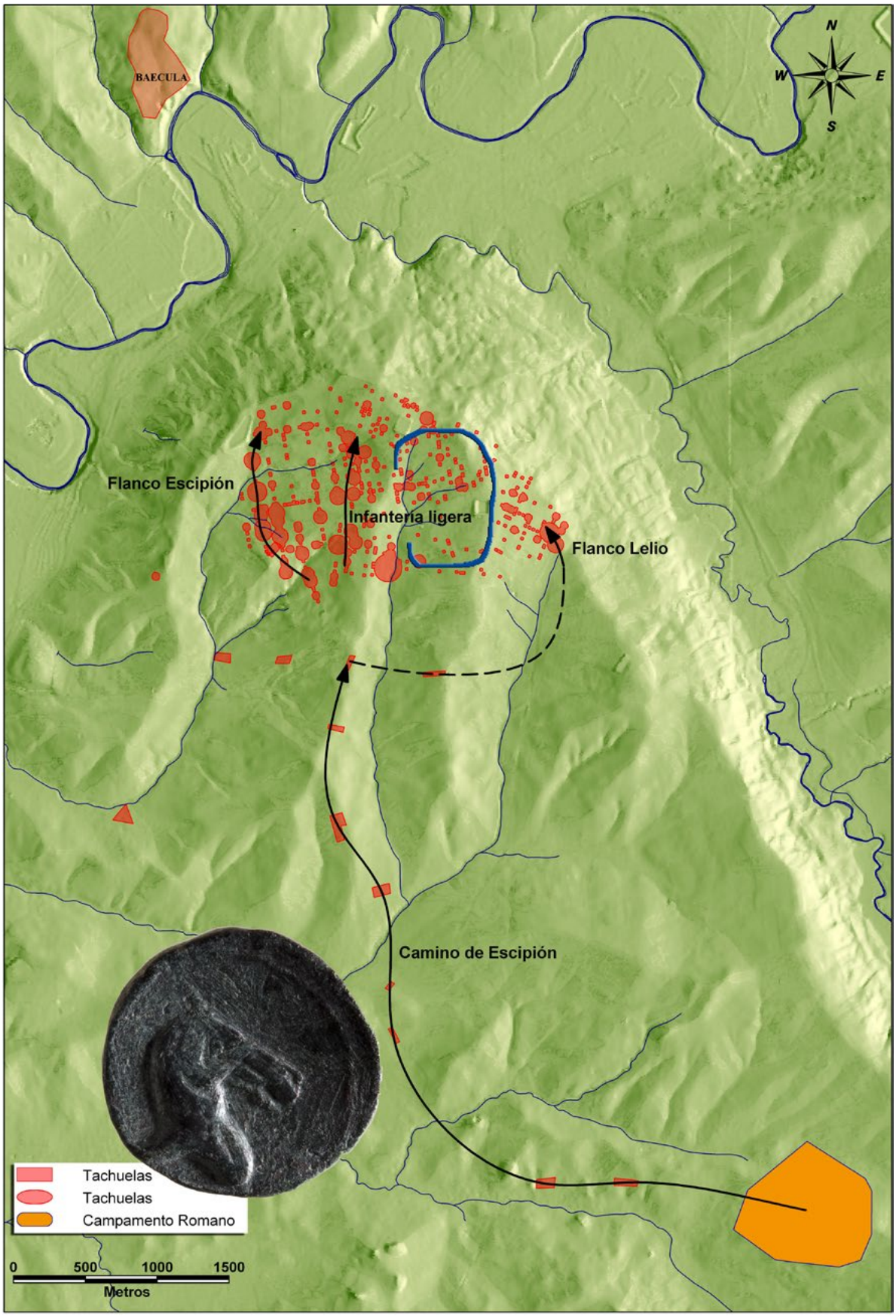


FIG. 7. ESQUEMA GENERAL DE LA BATALLA DE BAECULA, SEGÚN LOS DATOS ARQUEOLÓGICOS.

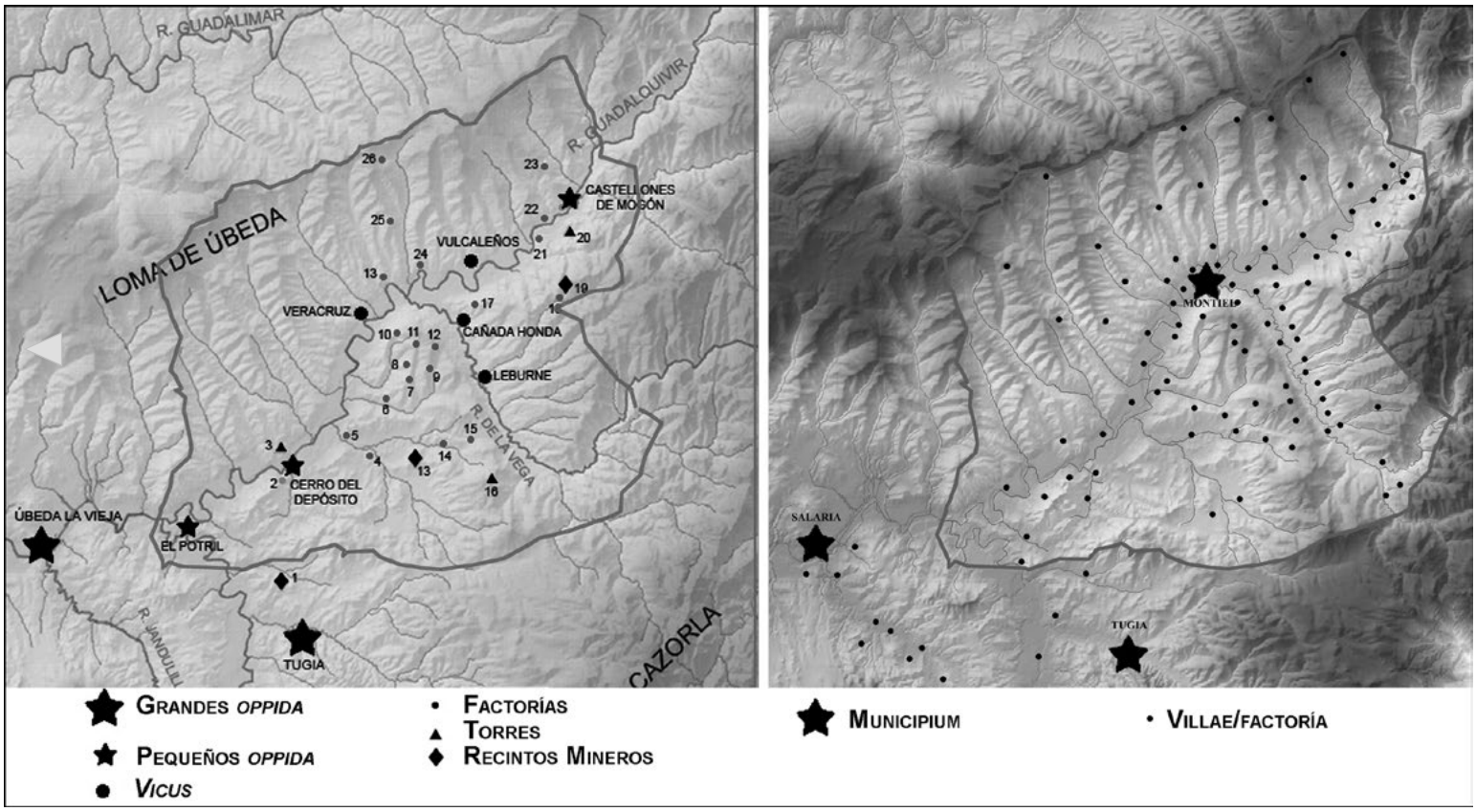


FIG. 8. EVOLUCIÓN/CAMBIOS/TRANSFORMACIONES DEL SISTEMA DE ASENTAMIENTO EN EL ENTORNO DEL *OPPIDUM* DE LOS TURRUÑUELOS (*BAECULA*). A LA IZQUIERDA EL SISTEMA Y TIPOS DE ASENTAMIENTO ENTRE LOS SIGLOS II/I A.N.E., UN SISTEMA DE TRANSICIÓN HASTA EL MODELO IMPERIAL ROMANO (A LA DERECHA) ARTICULADO EN TORNO A UN MUNICIPIO Y EL SISTEMA DE *VILLAE* (FACTORÍAS AGRARIAS DE TAMAÑO <2HAS)

GEOARQUEOLOGÍA Y ESPELEOLOGÍA APLICADA AL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE CUEVAS CON OCUPACIÓN INDÍGENA EN TAMAULIPAS (MÉXICO)

CARO GÓMEZ, JOSÉ ANTONIO[1 y 2]; ÁLVAREZ GARCÍA, GENARO[2]; CÁMARA ARTIGAS, RAFAEL[3]; MOLINA RODRÍGUEZ, JOSÉ[2].

RESUMEN

Exponemos los resultados más significativos de exploración, topografía y análisis espacial de tres cavidades (Cueva de la Sepultura, Cueva de las Calaveras y Abrigo del Aniversario) en el Estado de Tamaulipas (México), en el marco del proyecto *"Estudio geoarqueológico de Cuevas mortuorias en Tamaulipas: análisis e interpretación de los restos materiales, bioculturales y paleoambientales"*. Destacamos los trabajos de topografía subterránea a través de la realización de los levantamientos planimétricos con los medios más novedosos en cartografía digital espeleológica (programas informáticos específicos, medidor adaptado Leica-Disto placa Beat Heeb, Palm Zire 22, etc.). En los tres sitios se ha podido constatar la existencia de materiales arqueológicos que apuntan a una ocupación humana por parte de grupos indígenas. La caracterización geoarqueológica de los emplazamientos, el análisis de los materiales recuperados y su interpretación nos indican, desde el punto de vista funcional, dos situaciones diferentes. Mientras las cuevas de La Sepultura y de Las Calaveras presentan claros indicios de ritos funerarios que las identifican como cuevas mortuorias, el abrigo/cueva del Aniversario se constituiría como un lugar de hábitat más o menos permanente.

PALABRAS CLAVE: Geoarqueología, cartografía digital, espeleología aplicada, cuevas mortuorias, Tamaulipas.

ABSTRACT

We present the most significant results of exploration, surveying and spatial analysis of three cavities (Sepultura Cave, Cave of Skulls and wrap Anniversary) in the State of Tamaulipas (Mexico), in the framework of the "Cuevas geoarchaeological study mortuary Tamaulipas: analysis and interpretation of materials, bio-cultural and palaeoenvironmental remains". Include subterranean topography work through conducting planimetric surveys with the newest digital media speleological mapping (specific software adapted Leica Disto-plate Beat Heeb, Palm Zire 22, meter etc.). In the three sites has been possible to confirm the existence of archaeological materials suggest human occupation by indigenous groups. The geoarchaeological site characterization, analysis of recovered materials and their interpretation indicate, from the functional point of view, two different situations. While the caves of La Sepultura and Las Calaveras presented clear evidence that the funeral rites become them in mortuary caves, shelter/cave Anniversary was established as a place of more or less permanent habitat.

KEYWORDS: Geoarchaeology, digital mapping, applied caving, mortuary caves, Tamaulipas.

INTRODUCCIÓN

Tras varios años de trabajo en la Sierra de Tamaulipas (Tamaulipas, México) y diversas exploraciones por otros entornos naturales del Estado, conjuntamente con investigadores del INAH y la UNAM, implementamos a través de la convocatoria del Ministerio de Cultura de España, un proyecto sobre el "Estudio geoarqueológico de Cuevas mortuorias en Tamaulipas: análisis e interpretación de los restos materiales, bioculturales y paleoambientales". Dicho proyecto se concibió como una actuación enmarcada en una investigación más amplia, a medio y largo plazo, iniciada por el equipo de investigación mexicano sobre el Estudio biocultural en restos óseos humanos procedentes de cuevas mortuorias en el norte de México, incorporando a ella la amplia experiencia de nuestro grupo de investigación, en exploración y estudio de cavidades, y sumando esfuerzos desde diferentes áreas de conocimiento (geoarqueológica, paleoambiental, antropológica, patrimonial, etc.) (Caro *et al*. 2011).

[1] Departamento de Geografía y Ciencias del Territorio, Área de Prehistoria, Universidad de Córdoba, España; jacaro@uco.es
[2] Sociedad Espeleológica Geos, Sevilla, España; segeos@telefonica.es
[3] Departamento de Geografía y AGR, Universidad de Sevilla, España; rcamara@us.es

El objetivo fundamental se fijó en la caracterización cronológica y biocultural de los restos humanos y materiales procedentes de cuevas que durante determinados periodos históricos habían sido utilizadas como lugares de enterramiento por las sociedades indígenas. Todo ello a través de la aplicación de técnicas geoarqueológicas y osteológicas, que permitieran en primer lugar la documentación de las cavidades (prospección del territorio, localización, exploración subterránea, planimetría, etc.); seguidamente, registro de los materiales arqueológicos, a través de rescates superficiales o excavaciones; y, finalmente, estudio y caracterización de los mismos.

Desde el año 2009, los investigadores del Centro INAH Tamaulipas, Jesús Ernesto Velasco González, Tonantzin Silva Cárdenas y Carlos Vanueth Pérez Silva, llevan a cabo una serie de estudios arqueológicos y antropofísicos directamente en cuevas en el estado de Tamaulipas, específicamente en la zona de la Sierra Madre Oriental (Velasco *et al*. 2010). De estos trabajos de investigación se ha derivado el descubrimiento de numerosos restos óseos en muy buen estado de conservación, así como fragmentos de textiles, cestería y cordelería en algunas cavidades del suroeste de Tamaulipas (Cueva de la Sepultura, Tula).

La relevancia de los materiales arqueológicos y osteológicos recuperados en la zona, resultan de su relación con las exploraciones que hicieran Javier Romero y Juan Valenzuela en 1937, y que posteriormente estudiaría Richard S. MacNeish entre 1945 y 1953 en Ocampo, así como Gustavo Ramírez en Llera en el 2008, zonas aledañas a Tula.

En este sentido, los estudios arqueológicos y antropofísicos obtenidos, reconocen una estrecha afinidad biocultural con los que presentaran los hallazgos realizados durante el siglo pasado en la Cueva de la Candelaria y la Paila en Coahuila; Santo Domingo y Cerro de Silva en San Luis Potosí, arrojando nuevos datos sobre los aspectos físicos y socioculturales de las poblaciones que conformaron la Tradición del Desierto enmarcada en el área cultural denominada Aridamérica, que a su vez pertenecen a uno de los linajes más antiguos del continente americano que mantuvieron una forma y estilo de vida nómada cazador- recolector hasta la época del contacto europeo (Velasco *et al*. 2011).

ÁREA DE ESTUDIO

Las investigaciones sobre cavidades mortuorias se han desarrollado en el estado de Tamaulipas (México), fundamentalmente en la parte suroccidental, concretándose en distintas localizaciones de la Sierra Madre Oriental y el valle de Tula (Figura 1).

La Sierra Madre Oriental es un macizo rocoso alargado con disposición general Norte-Sur que domina el suroeste de Tamaulipas. Se corresponde con una montaña media tropical caracterizada por una vegetación de bosque de palmas, pinos y encinos con elevaciones máximas que superan los 2.500 m.s.n.m. La Sierra Madre Oriental es una unidad fisiográfica, con más de 800 km de longitud y de 80 a 100 km de amplitud (INEGI, 1983).

El basamento de la Sierra Madre Oriental (Eguiluz *et al*. 2000), está constituido por rocas con litologías y edades variadas, entre las que destacamos aquellas presentes en las zonas próximas a alguno de los yacimientos arqueológicos aquí referidos (Abrigo/Cueva del Aniversario), como los gneises de edad precámbrica, los esquistos de edad preoxfordiana y sedimentos del Paleozoico presentes en el sector de Peregrina (Ciudad Victoria, Tamaulipas).

En esta constitución litológica están representadas las formaciones del Cretácico Inferior y Superior definidas por las formaciones de las calizas cristalinas de El Abra y Cuesta del Cura del primer periodo, y las formaciones Agua Nueva y San Felipe del segundo (Cámara y González, 2005). En ella las morfologías kársticas, tanto las de carácter exógeno como endógeno, representan un papel muy destacado en la evolución geomorfológica, además de un significativo fenómeno asociado a su ocupación histórica.

Por otro lado, parte de las cavidades estudiadas se ubican en el municipio de Tula (Cuevas de la Sepultura y de las Calaveras), localizado a una altitud de 1.173 m.s.n.m. Colinda al norte con los municipios de Bustamante, Palmillas y Jaumave; al Sur y Oeste con el Estado de San Luis Potosí, al Oeste con Nuevo León y al Este con los Municipios de Jaumave y Ocampo.

Los tipos climáticos predominantes en la zona donde se halla la Cueva de la Sepultura es el BS0hw (x'), clima incluido en la región de la Sierra Madre. En las épocas de mayor calor, las temperaturas alcanzan los 40°C. Sin embargo, el promedio anual oscila entre los 28 y 30°C. Por otra parte, el mes más frío es enero con temperaturas medias mensuales entre los 15°C, las cuales llegan a descender aún más. Las precipitaciones se presentan generalmente solo en verano y oscilan entre 360 y 430 milímetros anuales (INEGI, 1983).

Las elevaciones serranas importantes en la región son la Sierra Mocha, Los Picachos, la Sierra de Tula, la Sierra Naola, Cinco Palos y el Cerro de la Cebolla, que forman parte del sistema de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental,

Subprovincia Sierras y Llanuras que abarca la porción Suroeste de Tamaulipas. Estas sierras, como ya se ha comentado, son principalmente formaciones de rocas sedimentarias de litología caliza.

MATERIALES Y METODOLOGÍA

El estudio arqueológico en cuevas, dado la propia caracterización geológica y geomorfológica del soporte contextual en el que se desarrolla, más aún en territorios amplios y de orografía complicada, se presenta como una actividad problemática cuya metodología de trabajo debe atender a múltiples factores limitadores. Entre ellos se encuentran la dificultad para hacer los recorridos y localización de los sitios, las condiciones de acceso, la problemática de excavaciones en espacios subterráneos, el constante saqueo, la falta de lugares habitados cercanos, las cuestiones de seguridad del personal que interviene, el traslado de materiales y equipo, etc.

En el proyecto en el que se encuadran estos trabajos, además de los estudios previos de caracterización y búsqueda de información, se han llevado a cabo también varios rescates arqueológicos (Velasco *et al*. 2010), otros tantos recorridos de superficie (Silva *et al*. 2012), así como exploraciones subterráneas (Caro *et al*. 2011).

La prospección arqueológica

Desde hace bastante tiempo los investigadores hemos sabido reconocer que la prospección superficial es una de las metodologías más útiles para el estudio del territorio, ya que permite un trabajo relativamente minucioso y profundo, a la vez que abarcar amplias extensiones de terreno; es decir, los datos que obtenemos de una prospección superficial son los que mejor armonizan cantidad y calidad de resultados. De acuerdo con ello, la prospección superficial se erige como "la principal de las metodologías de recogida de información a escala regional, permitiendo a los arqueólogos la formulación de preguntas que no serían posibles con el sólo estudio de uno o de unos pocos yacimientos aislados" (*sites*) (Renfrew y Bahn 2008; Ruiz Zapatero 1988; Vaquerizo *et al*. 1991; Alcina 1998).

Lo primero que se debe tener en cuenta es la extensión del área objeto de nuestro estudio. Los límites de la zona a prospectar se pueden establecer atendiendo a tres criterios (Ruiz Zapatero y Burillo 1988; Ruiz Zapatero y Fernández Martínez 1993; Morales 2000):

- Límites artificiales o arbitrarios.
- Límites histórico-culturales.
- Límites geográfico-naturales.

Es, sin duda, este último criterio el más práctico, y el elegido por nosotros para nuestro proyecto. Se basa en restringir nuestro campo de acción a un valle concreto, una sierra, una comarca natural…, o cualquier otro elemento fisiográfico de los que condicionaban los patrones de poblamiento antiguo. Debemos tener en cuenta que los accidentes geográficos solían determinar el área de influencia de las comunidades del pasado, y que es muy probable que dentro de una misma unidad territorial todos los yacimientos guardasen algún tipo de relación y se comporten según los mismos patrones.

A grandes rasgos, para realizar la evaluación previa de un territorio, fue necesario consultar y disponer de una amplia información: cartografía, estudios geológicos y edafológicos, fotografía aérea y ortofotografía, toponimia, bibliografía arqueológica y tradición oral.

Las grandes limitaciones que las condiciones físico-geográficas (orografía, vegetación, falta de vías de comunicaciones, etc.) de la región presenta ha supuesto un enorme hándicap para los trabajos de prospección, por lo que fundamentalmente hemos acudido a la bibliografía arqueológica existente y, sobre todo, a la tradición oral, muy rica en la zona, para centrar nuestros estudios en sectores concretos donde esta tradición hablaba de la existencia de cavidades o de algún tipo de registro arqueológico (Figura 2).

La metodología concreta que se ha utilizado consiste en (Velasco *et al*. 2011; Caro *et al.* 2011):

a. *Localización*. Ubicación del acceso al sitio por medio de coordenadas UTM/WGS 84, cuya lectura se obtiene utilizando un equipo portátil con sistema GPS. La localización del sitio es vaciada a planos para generar una base de datos cartográfica de las cuevas que se utilizaron como recintos funerarios.

b. *Registro*. Recorrido del interior de las cuevas para definir su extensión y los materiales arqueológicos presentes. Se realiza la planimetría de la misma para obtener los dibujos de planta, cortes y una topografía, así como la toma de foto-

grafía y videos de los trabajos y materiales arqueológicos. Asimismo, se lleva a cabo el respectivo llenado de cédulas de registro de bienes inmuebles de la Dirección de Registro de Monumentos y Zonas Arqueológicas del INAH.

c. *Muestreo.* Se recolectan los materiales arqueológicos localizados (restos esqueléticos, cerámica, lítica, etc.) que son embalados en bolsas, cajas o recipientes adecuados a las características de cada uno de ellos para evitar que se dañen durante su traslado al laboratorio.

d. *Información del área circundante a las cuevas mortuorias:* Recopilación de información de zonas adyacentes en cuanto a los aspectos naturales (características fisiográficas del lugar circundante), así como diversos elementos culturales, es decir, sitios de los que se tenga noticia a través de documentos, que se encuentren en los valles intermontanos, la cercanía con otras cuevas funerarias, entre otros.

Excavación

Esta fase de investigación metodológica tan solo se ha empleado en la Cueva de la Sepultura (Velasco *et al.* 2010), dentro del ámbito de nuestra participación, si bien durante estos dos últimos años, también se han llevado a cabo labores de excavación en la Cueva de la Encantada (Llera, Tamaulipas). En el primer caso, la intervención se llevó a cabo en la zona de bloques donde se encuentra la mayor acumulación de sedimento, abarcando aproximadamente unos 4 m^2.

La remoción de tierra se realizó por niveles métricos de 10 cm., denominados con número arábigo y las capas con letras mayúsculas. La retícula se ha orientado acorde al espacio destinado a excavar y se subdividido en cuadrantes de 1 m., asignándole para su ubicación un sistema de coordenadas cartesianas, sobre los que se han registrado de forma tridimensional los elementos recuperados. Seguidamente los materiales obtenidos fueron etiquetados y almacenados convenientemente (nombre del sitio, número de control por unidad de excavación, capa y nivel, fecha, etc.) y almacenados para su estudio y caracterización en el laboratorio del INAH de Ciudad Victoria.

Trabajo de laboratorio

En un primer momento se ha procedido a la clasificación preliminar de los materiales por materias primas y su agrupamiento para el reparto entre los diferentes especialistas, distinguiéndose fragmentos de tejido, restos de cordelería, plumas, cuentas de collar, industria lítica de sílex, etc. Pero el mayor conjunto está formado por los restos óseos pertenecientes a los enterramientos, entre los cuales aparecen una buena cantidad de cráneos y otros tipos de huesos determinantes que permitirán saber el número mínimo de individuos (NMI). Algunas de estas muestras de carácter biológicos (huesos, dientes y cordelería vegetal) han sido destinadas a la aplicación de métodos de cronología radiométrica. Por otro lado, se han individualizado y referenciado las muestras de sedimentos, que posteriormente han sido empaquetadas y enviadas a los diferentes laboratorios de referencia para su análisis.

Las técnicas básicas empleadas son: a) La catalogación, estudio osteométrico y resguardo de los restos esqueléticos efectuadas en el laboratorio de osteología ubicado en el Centro INAH-Tamaulipas (CITAM); b) la obtención y análisis de muestras de aDNA en colaboración con dos laboratorios diferentes: LANGEBIO-IRAPUATO y el Laboratorio de Antropología Molecular del IIA de la UNAM; c) los fechamientos por radiocarbono (AMS) en el Radiocarbon Accelerator Unit, Research Laboratory for Archaeology (Universidad de Oxford) y al CNA de Sevilla; d) el estudio de los bultos mortuorios realizado mediante el uso de Tomografía Axial Computarizada (TAC); e) el estudio de materiales arqueológicos a cargo de la sección de arqueología del Centro INAH-Tamaulipas, así como del Laboratorio de Paleobotánica del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM de México, el Laboratorio de Arqueobotánica de la Subdirección de Laboratorios y los Laboratorios de Prehistoria de las Universidades de Córdoba y Sevilla; f) los análisis sedimentológicos en el laboratorio de investigación del Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal de la Universidad de Córdoba (Caro *et al.* 2011; Pérez Silva *et al.* 2012).

Topografía espeleológica

Para representar una cavidad en un plano se fijan sobre el terreno una serie de estaciones topográficas (puntos de georreferenciación), en cada una de las cuales se toman dos grupos de medidas. El primero, fundamental, contiene una serie de variables (distancia, ángulo horizontal y vertical) referidas a la línea que une ambas estaciones topográficas, llamada visual. El segundo grupo corresponde a medidas auxiliares, como son las anchuras y las alturas de la cavidad en cada estación topográfica. A esta sucesión de segmentos o de visuales la llamamos poligonal. Puede ser abierta, o cerrada si alguna visual cierra la poligonal parcial o totalmente. Las características morfológicas de las cuevas investigadas nos han obligado a emplear una poligonal abierta, con origen en la propia boca de acceso, donde se ha situado el punto de referencia "0", cuyas coordenadas fueron tomadas con un GPS Garmin Oregón 500, optándose por usar el Datum WGS84, aunque también se tuvieron en cuenta ITRF92 y NAD27 México.

Con las medidas de las visuales se realizan varios cálculos matemáticos, de cuyo resultado se obtienen las coordenadas X, Y, Z de cada una de las estaciones topográficas, pudiéndose realizar entonces planos de planta (X e Y) y de alzados (distancia real o distancia proyectada y Z). En un sistema de coordenadas los valores X corresponden al eje E-O (abscisas), mientras que los valores Y se sitúan en el eje N-S (ordenadas), correspondiéndose el desnivel de las estaciones topográficas con los valores de Z.

La relación de instrumental y elementos usados para la topografía de las cuevas estudiadas son los siguientes: 2 Disto X, 2 Palm Zire 22, programas Auriga, Visual Topo y AutoCad. Disto X es un instrumento electrónico de medición por láser, resultante de una modificación del Disto A3 de Leica. Dicha modificación consiste en instalarle una placa creada por Beat Heeb, que añade lecturas de ángulos horizontal y vertical, y una conexión Bluetooth. Al disponer de un acelerómetro triaxial, las mediciones se pueden realizar con el aparato rotado. La precisión de este dispositivo es altísima, solo superada por instrumentos de altas prestaciones (teodolitos, estaciones totales, etc.), y muy lejos del tradicional empleo de cinta, brújula y clinómetro; además de aportar al trabajo comodidad y velocidad. Para aprovechar al máximo la precisión del Disto X es conveniente calibrarlo. Esta operación consta de 56 medidas, apoyada por una PDA o un ordenador portátil con Bluetooth, y las aplicaciones Disto X o Pocket Topo para una u otro.

Para la toma de datos se contó con una PDA marca Palm modelo Zire 22. En este dispositivo se instaló una aplicación específica para la tarea de topografía espeleológica, llamada Auriga, versión 2.02, desarrollada por Luc le Blanc desde el año 2002, con evoluciones y mejoras constantes. Todos los datos recogidos son gestionados de forma inmediata como una base de datos, pudiéndose realizar los cálculos necesarios para obtener las coordenadas cartesianas de las estaciones topográficas. Además puede mostrar estos datos en forma de listas y de forma gráfica, por lo que se puede tener una vista de la topografía en el instante que se desee, y ver cómo va siendo el desarrollo de la cavidad y corregir los posibles errores. La comunicación bidireccional entre Auriga y varios software de topografía espeleológica se hace a través de un conducto desarrollado por Christian Chénier desde el año 2003. Así mismo Auriga permite, desde hace algún tiempo, el dibujo sobre la propia PDA, que será exportado con el resto de elementos gráficos en formato DXF a través de una tarjeta de memoria.

Para los trabajos de gabinete se usó un PC con las aplicaciones Visual Topo©, versión 5.03 (de Eric David) y AutoCAD 2010© (de Autodesk). El primero es un software para la gestión de datos espeleométricos que calcula las coordenadas y puede presentar diversos documentos gráficos (planta, alzados, 3D, etc.), y también permite la exportación de estos documentos. AutoCAD es la aplicación posiblemente más conocida de diseño asistido. Con ella se trabajan los ficheros DXF que contienen el "esqueleto" de la cavidad, y a partir de ahí se dibujan contornos, rellenos, cotas, líneas, etc.

Biogeografía

No solamente hemos aplicado técnicas arqueológicas para la obtención de resultados en cuanto al conocimiento de las sociedades indígenas. Sabemos que una de las acciones clave para entender los modelos de comportamiento de las mismas es el estudio del entorno en el que desarrollaban sus actividades, así como la evolución que éste ha sufrido y que reflejará la interacción mutua entre el hombre y el medio. Por ello, se ha llevado a cabo un estudio biogeográfico de la actual distribución de la vegetación del entorno próximo a la cueva, con muestreos y realización de transectos representativos (Cámara y Díaz del Olmo 2013). Posteriormente se cruzan los datos con aquellos otros que nos proporcionan el polen o los macro restos vegetales asociados a los entierros, lo que coadyuvará a plantear una visión más real de la evolución histórica del entorno natural.

RESULTADOS

A través de la aplicación de la metodología descrita más arriba se han localizado y caracterizado cuatro cavidades, tres de las cuales cuentan con restos materiales arqueológicos pertenecientes a sociedades indígenas de la región, mientras que en la cuarta aún no se tiene constancia de una posible ocupación antrópica histórica.

Cueva de la Sepultura (Ejido Joya de Maravillas, Tula, Tamaulipas)

Yacimiento situado a 1648 m.s.n.m. en el punto de coordenadas: 400031 X; 2545154 Y (WGS84). La prospección se ha limitado al valle encajado y su salida al polje, pues lo intrincado del terreno no permite un recorrido diferente en condiciones aceptables, de tal forma que aunque se han localizado otros abrigos y pequeñas cavidades de momento no han podido ser visitados.

En la base de un pequeño escalón rocoso, haciendo rincón, se abre la pequeña boca de acceso a la cavidad. La parte derecha de la entrada (al suroeste) está ocupada por clastos y bloques en el interior, y por sedimentos terrígenos en el exterior. Por su aspecto general, la entrada debió tener una mayor anchura en el pasado, quedando en la actualidad

bastante más reducida y, aunque en principio no se observa intencionalidad en la reducción de las medidas del acceso, el origen y la ubicación de los bloques plantea ciertas dudas al respecto. El desarrollo interno de la cueva se ha dividido en varios tramos:

Tramo A: desde la entrada hasta pasada la estación topográfica A3, con el suelo en ligera pendiente y el techo alternando planos inclinados (estratos) con falsas cúpulas debidas a fracturas. La cota de este techo está por encima de 1.649 m.s.n.m. Al sur se observa una excavación en el suelo, probablemente producto de expoliadores. También se advierten grandes bloques de dimensiones métricas, junto a otros más pequeños, inmersos en un sedimento muy fino de carácter arcillo-limoso que presenta constantes cambios de coloración, fruto de la remoción señalada, y que conforma el suelo actual de la cueva. La existencia de material arqueológico disperso entre estos sedimentos se puede relacionar con un uso, al menos ocasional, de dichos espacios por parte de grupos humanos indígenas. Parte de los bloques tienen claros signos de descalcificación presentando aristas muy afiladas, aunque también aparecen formas más suaves y con aspecto redondeado. Sin embargo, no se ha identificado ningún elemento de modelado kárstico de tipo espeleotema. Desde esta sala de entrada la disposición de la galería hace un leve giro al este, mostrando a partir de aquí un desarrollo monoaxial.

Tramo B: a partir del intermedio de las estaciones topográficas A3 y A4, distinguimos tres subtramos. Subtramo 1, hasta la estación topográfica A6, con techo plano a cota 1.650 m.s.n.m. El suelo alberga los bloques más grandes de la cueva, aunque no es el más abrupto por la pendiente. Subtramo 2, en el que el techo se encuentra en un solo plano inclinado unos 6° al oeste y 11° al norte, de unos 26 metros de longitud y con algunas fracturas. Este techo se encuentra entre las cotas 1.646 (estación topográfica A6) y 1.649 (estación topográfica A13). El suelo contiene bloques de gran tamaño, sin llegar a las dimensiones del subtramo anterior, pero algo más abrupto hasta la estación topográfica A9. En la zona más baja, a cota 1.635 m.s.n.m. (estaciones topográficas A9-A11) son más frecuentes los sedimentos terrígenos, ya que los sedimentos clásticos casi se interrumpen en la estación topográfica A8. A partir de aquí continúa en una rampa ascendente de terrígenos y bloques de pequeño y mediano tamaño.

Subtramo 3, desde la estación topográfica A13 hasta la A15. Continúa la alternancia de zonas con aglomeración de bloques junto con otras áreas más terrígenas hacia el entorno de la estación topográfica A14. La última estación topográfica se sitúa en un hueco impracticable, entre estratos, avanzando algunos metros más hacia el este-sureste, con clastos centimétricos. El techo presenta estratos apuntando hacia abajo y hacia el interior de la galería. La estructura de este techo (a igual cota que la entrada) la conforman "laminaciones" que no tienen paralelismo entre ellas; no son homogéneas en su grosor individualmente (están curvadas y onduladas) y no parecen corresponder al resto de la estratigrafía. Entre estas "laminaciones" y los estratos infrayacentes hay rellenos de material detrítico y/o alterado (Figura 3).

Todas las paredes de la Cueva de la Sepultura son verticales, excepto en la estación topográfica A15. Una sección típica de la cavidad, en los subtramos B1 y B2, muestra una forma rectangular, vertical, con el extremo superior norte cóncavo y el sur convexo. Un estrato gris, potente, marca la diferencia de verticalidad. Bajo él las paredes se mantienen verticales, mientras que por encima del mismo los estratos parecen estar "deslizados" hacia el norte. Este deslizamiento ha de ser estrato por estrato, ya que si hubiese sido del paquete superior de estratos, las paredes, aunque desplazadas, habrían mantenido la verticalidad. Este mismo estrato definitorio de la verticalidad de las paredes, se asemeja al que ocupa el techo de la galería en los subtramos B1 y B2.

La estratificación, fracturas (diaclasas, fallas), foliación, son claros elementos que han intervenido en las fases evolutivas de la formación de esta cavidad. Un surco muy marcado en el actual techo nos lleva a pensar en una escorrentía continuada, donde el flujo estuvo condicionado directamente por la gravedad y que posiblemente fuese el origen de la cavidad. Tras la toma de datos y posteriores cálculos, los resultados espeleotopográficos obtenidos para la Cueva de la Sepultura son los siguientes (Tabla 1):

CUEVA DE LA SEPULTURA. DATOS DE TOPOGRAFÍA			
Distancia total	59,18 m.		
Distancia horizontal	51 m.		
Desnivel (metros)	-11,98		
	+X: 46,44	-X: 0,00	±X: 46,44
	+Y: 0,28	-Y: -5,52	±Y: 5,80
	+Z: 0,06	-Z: -11,92	±Z: 11,98
Índice de verticalidad	0,133	(0=horizontal y 1=vertical)	
Nº. de estaciones topográficas	16		
Nº. de visuales	15		
Distancia media de visual	3,94 m.		
Superficie de circunscripción	269,35 m²	(±X×±Y)	
Volumen de circunscripción	3.226,83 m³	(±X×±Y×±Z)	

TABLA 1. DATOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA TOPOGRAFÍA DE LA CUEVA DE LA SEPULTURA.

Tras la valoración y procesamiento de dichos datos se ha procedido a la elaboración de un plano de planta, un plano de alzado desarrollado y siete secciones. El plano de planta incluye el contorno de la cavidad, los rellenos detríticos y clásticos, estaciones topográficas y nombre de las mismas, poligonal, curvas de nivel equidistantes 0,5 m., datos topométricos, escarpes, líneas de inserción de las secciones y sentido de las mismas. El plano de alzado desarrollado tiene los mismos contenidos excepto las curvas de nivel y los símbolos de escarpe, pero incluye el buzamiento de los estratos. Las secciones tienen el contorno, los rellenos, estaciones topográficas y nombre de las mismas, datos topométricos, buzamiento de estratos y líneas de enlace. Menos la sección de la zona de entrada, los dibujos del resto de secciones están colocados con respecto a sus desniveles relativos, para una mejor observación de las características geomorfológicas (Figura 4).

En el año 2010 se realizó un rescate arqueológico en el que se obtuvo una interesante muestra de restos esqueléticos, fragmentos de petates y objetos de madera con ataduras, además de algunos objetos hechos en hueso (Velasco *et al.* 2010). En el año 2011 se llevó a cabo una excavación arqueológica (Velasco *et al.* 2012) que documentó diferentes perfiles estratigráficos y plantas de niveles arqueológicos en la zona más próxima a la entrada, junto a la concentración de caos de bloques anteriormente descrita. En dicha actuación se logró recabar una mayor cantidad de muestras, generando una importante colección osteológica que posibilita la elaboración diversos tipos de análisis y estudios comparativos fijando además, una serie de criterios y principios para la custodia y conservación de los materiales arqueológicos obtenidos. En este sentido, el registro realizado en sus distintos niveles, arrojó información primaria que ayuda a aproximarnos a una adecuada interpretación del contexto, la cual sustenta la efectuada con anterioridad durante el rescate de 2010.

Posteriormente, tras la exploración sistemática de la cavidad y el análisis detallado de las estratigrafías se pudo realizar una interpretación geoarqueológica preliminar de la zona (Caro *et al.* 2011). A través de este análisis de la excavación en la zona de grandes bloques se ha podido constatar que el relleno arqueológico se encuentra acumulado entre las grietas y zonas huecas bajo los bloques, es decir que todo este material se ha ido filtrando poco a poco hasta colapsar los intersticios entre bloques. La matriz arcillo-limosa del suelo que envuelve los materiales arqueológicos presenta en algunas partes una leve tonalidad amarillenta, resultado de la mezcla con otro sedimento que tapiza buena parte de las paredes laterales de la cueva y algunos bloques, y que supone el depósito más superficial y por lo tanto más reciente.

Como ya se ha comentado anteriormente se acometió un intenso trabajo de prospección a lo largo de todo el desarrollo de la cavidad tanto a nivel de superficies horizontales (suelo) como verticales (paredes y techo). El resultado ha sido el levantamiento topográfico completo y la localización de otros lugares con restos de enterramientos que hasta ahora no se conocían. Entre ellos, podemos destacar un punto en la zona derecha de la entrada, justo en sentido contrario de la excavación, donde se localizaron restos de huesos humanos y material vegetal. Igualmente, hacia el interior, justo en el espacio más deprimido de la cueva, que coincide aproximadamente con su punto medio, se ha documentado una estratigrafía compleja donde alternan niveles limoarcillosos de color negro con otros más claros de tonos anaranjados, y donde también encontramos gran cantidad de restos vegetales con señales de haber sido quemados. Asimismo, en este lugar se ha localizado parte de otro enterramiento, parcialmente exhumado, donde podemos distinguir algunos huesos humanos largos y restos vegetales posiblemente pertenecientes al ajuar funerario (cordelería, fibra, grandes ramas del armazón mortuorio, etc.).

Además de las labores llevadas a cabo dentro de la cavidad, como ya hemos indicado anteriormente, también se realizó una prospección superficial externa del entorno más inmediato y del valle anexo. En este último lugar, con una orografía mucho más plana, pudimos realizar un recorrido amplio durante el cual se localizaron diversos restos líticos tallados muy dispersos, sin una zona de concentración definida, pero que informan de una clara presencia humana antigua cuya relación con los entierros de la cavidad deberá ser estudiada.

En este mismo lugar se efectuó el estudio biogeográfico de la actual distribución de la vegetación del entorno próximo a la cueva, con la realización de dos transectos. De ello se deriva que la vegetación que caracteriza el entorno actual de la cavidad está conformada por dos formaciones vegetales. La más próxima a la cavidad, en la vertiente que permite su acceso, constituye según la clasificación de Rzedowski (2006) como un subtipo del matorral xerófilo denominado matorral submontano, que se desarrolla en situaciones menos áridas con 450 a 900 mm de precipitación y que no sobrepasa los 2.000 metros de altitud distribuida en la Sierra Madre Oriental desde Nuevo León al norte, hasta Hidalgo al sur. Las especies características de esta formación vegetal son *Helietta parviflora*, *Neopringlea integrifolia*, *Gochnatia hypoleuca, Pithecellobiem brevifolium, Cordia boissieri.* En el transecto realizado se reconocieron 168 individuos de 22 especies con un índice de diversidad alfa de Shannon de 2.52 y un alto índice de dominancia de Simpson de 0.89 (Tabla 2), en la que la relación presencia, abundancia y cobertura da un IVI de 42% para *Acacia roemeriana* y de 39% para *Eupatorium azureum* y 33% *Gochnatia hypoleuca*. La pirámide estructural de riqueza-cobertura da una cobertura mayor en el estrato arbustivo alto, entre 1.5 a 3 metros de altura, que es el que cierra la cobertura y da la fisonomía dominante a la formación, destacando de forma aislada algunos individuos de *Helietta parviflora* que alcanza los 5 metros de altura.

TABLA 2. TRANSECTO TULv_1. Lista de especies e índices alfa de diversidad	
Acacia berlandieri Benth.	*Eupatorium azureum* DC.
Acacia roemeriana Scheele	*Gochnatia hypoleuca* (DC.) A. Gray
Agave lechugilla Torrey	*Hechtia glomerata* Zucc.
Aloysia gratissima (Gillies & Hook.) Tronc.	*Helietta parvifolia* (A. Gray ex Hemsl.) Benth.
Chrysactinia mexicana A Gray	*Heliotropium calcicola* Fern.
Croton torreyanus Muell. Arg.	*Iresine cassiniiformis* S. Schauer
Dalea greggii A. Gray	*Lantana hirta* L.
Dalea lutea (Cav.) Willd.	*Phyllanthus micrandrus* Muell. Arg.
Dasylirion berlandieri S. Watson	*Sophora secundiflora* (Ort.) Lag.
Dasylirion quadrangulatum S. Watson	*Vauquelinia corymbosa* Humboldt & Bonpland
Ephedra sp.	*Zuelania guidonia* (Sw.) Britton & Millsp.
Especies	*22*
Individuos	*168*
Dominancia_D	*0.1092*
Simpson_1-D	*0.8908*
Shannon_H	*2.526*
Equitabilidad_J	*0.8171*
Berger-Parker	*0.2202*

TABLA 2. LISTA DE ESPECIES E ÍNDICES ALFA DE DIVERSIDAD DEL TRANSECTO TULV_1 EN EL ENTORNO DE LA CUEVA DE LA SEPULTURA (VERTIENTE DE ACCESO).

La otra formación se desarrolla sobre un cono aluvial litificado con rasgos de karstificación, a la salida del valle en el cual se encuentra la cavidad. En este caso la formación vegetal dominante es un matorral rosetofilo que se desarrolla en rangos de precipitación de 200 a 500 mm, donde destacan los géneros *Agave, Hechtia y Dasylirion*, acompañados de *Larrea y Fouquieria*, identificando en el transecto 176 individuos pertenecientes a 23 especies. Los índices de diversidad alfa son semejantes a los del matorral submontano, con un 2.5 de Shannon y un 0.89 de Simpson (Tabla 3), lo que nos marca la dominancia de determinadas especies sobre las demás, en nuestro caso *Agave lechugilla* con 41% de IVI, *Hechtia glomerata y Zuelania guidonia* con 32% de IVI, *Acacia berlandieri* con 24% y *Karwinskia mollis* con 22%. La cobertura más importante es en torno al estrato de 0.6 a 1.5 metros, más bajo que el anterior, aunque existe una cobertura densa entre 1.5 a 3 metros.

Cueva de las Calaveras (Ejido Santa Ana de Naola, Tula, Tamaulipas)

La cavidad se ubica en la Sierra de Naola, elevación caliza integrada en la Sierra Madre Oriental. Se encuentra en la jurisdicción del ejido Santa Ana de Naola, perteneciente al municipio de Tula en el estado de Tamaulipas, a una altitud de unos 1.340 m.s.n.m., y en el punto de coordenadas 413191.08 E, 2547175.00 (WGS84).

Si bien se encuentra no muy lejos de Tula, a unos 15 km., el acceso a su entorno es bastante complicado, pues los pocos caminos que existen son casi impracticables para los vehículos, teniendo que realizar un buen trecho por terrenos cubiertos de cantos y vegetación espinosa (uapilla, espadín, lechugilla, etc.), que dificultan aún más los recorridos. Esta situación influyó sobremanera para no poder realizar una prospección sistemática superficial del entorno.

Junto al árbol de mayor tamaño de la colina se halla el acceso a la cavidad, desde un escalón rocoso se abre la boca de entrada (2,5 m. de ancho por 0,5 m. de altura), producida por un hundimiento parcial de la bóveda. El suelo de la cueva está a 1,80 m. aproximadamente.

La parte reconocida por nosotros es una bóveda de casi 40 m. de largo, en sentido este-noreste y oeste-suroeste, y de más de 10 m. de ancho. El suelo está ocupado mayormente por terrígenos en los extremos y algo menos en los lados, y por bloques de diferentes tamaños agrupados en la parte central fundamentalmente, lo que confiere al suelo una forma de domo alargado. Un examen preliminar de estos bloques nos permite distinguir, al menos, dos clases o "generaciones". Primero, bloques con formas algo redondeadas y superficies onduladas o alomadas, de gran tamaño (>2 m² de superficie). Segundo, bloques de menor tamaño, heterométricos, paralepipédicos, de aristas vivas y formas más irregulares con claros

signos de descalcificación. Proceden de desplomes de estratos fragmentados del techo y están menos cubiertos por los terrígenos. Probablemente haya un tercer grupo a medio camino entre los anteriores en cuanto a formas.

TABLA 3. TRANSECTO TULv_2. Lista de especies e índices alfa de diversidad	
Acacia berlandieri Benth.	*Hechtia glomerata* Zucc.
Acacia roemeriana Scheele	*Jatropha dioica* Cerv.
Agave lechugilla Torrey	*Karwinskia mollis* Schldl.
Agave striata Zucc. ssp. striata	*Larrea tridentata* (DC.) Cov.
Buddleja scordioides H.B.K.	*Meximalva filipes* (A. Gray) Fryx
Bursera fagaroides Kunth	*Mimosa monancistra* Benth.
Calliandra conferta Gray	*Parthenium confertum* A. Gray
Carya myristiciformis (F. Michx.) Nutt.	*Phyllanthus micrandrus* Muell. Arg.
Croton torreyanus Muell. Arg.	*Turnera difusa* Willd. ex Schult.
Dalea greggii A. Gray	*Urochloa distachya* (L.) T.Q. Nguyen
Fouquieria splendens var. breviflora Henrickson (Zamudio, 1995)	*Zuelania guidonia* (Sw.) Britton & Millsp.
Gochnatia hypoleuca (DC.) A. Gray	
Especies	23
Individuos	176
Dominancia_D	0.1181
Simpson_1-D	0.8819
Shannon_H	2.488
Equitabilidad_J	0.7936
Berger-Parker	0.2386

TABLA 3. LISTA DE ESPECIES E ÍNDICES ALFA DE DIVERSIDAD DEL TRANSECTO TULV_2 EN EL ENTORNO DE LA CUEVA DE LA SEPULTURA (CONO ALUVIAL).

En el techo no se aprecian fracturas que lo recorran en su totalidad, aunque sí hay fracturas zonales, especialmente en la entrada, donde también se ve una comunicación con el exterior a través de un tubo de lapiaz, junto con huellas erosivas marcadas en el actual techo y paredes.

La pared sur es algo más rectilínea que la pared Norte, presentando una inclinación con cierta uniformidad en algunos tramos. Sin embargo la pared norte sí es más vertical, excepto en su extremo oriental. En el otro extremo (oeste) hay dos posibles continuaciones: la primera por un estrecho hueco vertical, entre bloques, que desciende al menos dos metros y que, probablemente tenga una continuidad hacia espacios de mayores dimensiones, pues desde la parte más profunda la entrada y salida de murciélagos es constante; la otra posible continuación es una gatera colgada pequeña, que también ha quedado pendiente de exploración.

En distintos espacios comprendidos entre las estaciones topográficas, preferentemente las situadas en la entrada y algunos laterales de la cavidad, se observan rellenos de suelos y sedimentos relacionados con un uso ocasional como hábitat y enterramiento en estos espacios de la cavidad por parte del hombre. La mayoría de los sedimentos presentan textura pulverulenta y color pardo-grisáceo.

Actualmente la cavidad tiene filtraciones por algunos sectores, destacando la zona central cercana a la entrada donde hay un gour que incluso presenta algunas evidencias de intervención humana para adaptarlo como contenedor de agua. La exploración de esta primera sala permitió la localización en la parte izquierda, a unos 20 m. de la entrada, de una zona más o menos plana con depósitos terrígenos de color grisáceo muy suelto y fino, en cuya superficie se acumulaban gran cantidad de restos arqueológicos (cerámica, hueso y lítico), que parece ser el resultado de la remoción por parte de los clandestinos (Figura 5). Lateralmente se puede observar una mínima estratigrafía que confirma la existencia de un depósito limo-arcilloso cuya potencia no se puede más que suponer, pero que en principio estimamos puede llegar a ser métrica. Inmediatamente a la derecha, en una zona deprimida rocosa y sin sedimentos, se localiza otra pequeña concentración de huesos (mayoritariamente humanos).

Tras la toma de datos y posteriores cálculos, los resultados espeleotopográficos obtenidos para la Cueva de las Calaveras son los siguientes (Tabla 4):

CUEVA DE LAS CALAVERAS. DATOS DE TOPOGRAFÍA			
Distancia total	40,33 m.		
Distancia horizontal	37 m.		
Desnivel (metros)	-5,06		
	+X: 0	-X: -28,25	±X: ±28,25
	+Y: 0,83	-Y: -10,26	±Y: ±11,09
	+Z: 1,79	-Z: -3,27	±Z: ±5,06
Índice de verticalidad	0,08	(0=horizontal y 1=vertical)	
Nº. de estaciones topográficas	10		
Nº. de visuales	9		
Distancia media de visual	4,03 m.		
Superficie de circunscripción	313,29 m²	(±X×±Y)	
Volumen de circunscripción	1.585,26 m³	(±X×±Y×±Z)	

TABLA 4. DATOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA TOPOGRAFÍA DE LA CUEVA DE LAS CALAVERAS.

Con los datos obtenidos se ha procedido a la elaboración de un plano de planta, un plano de alzado desarrollado y siete secciones (Figura 6).

Abrigo/Cueva del Aniversario (Ciudad Victoria, Tamaulipas)

En este entorno cercano a la capital del Estado, en cañones como los de la Peregrina o el Novillo, se localizan diversas cavidades conocidas por los habitantes del lugar y algunos investigadores que nos han facilitado la labor de prospección. Sin embargo, los resultados más interesantes se produjeron en el citado cañón de la Peregrina (o de los Troncones), donde nos desplazamos para inspeccionar una cavidad llamada de la Sepultura (como tantas otras debido al hallazgo de huesos en su interior). La prospección del entorno se hace prácticamente imposible por la inclinación del terreno, sin embargo, al estar en la entrada de la misma en una zona bastante elevada con respecto al resto del valle hicimos una inspección ocular. Justo frente a la cavidad apreciamos, tras la vegetación, lo que parecía un pequeño abrigo, que según nos informaron los investigadores locales que nos acompañaban no tenían conocimiento de su existencia.

Se trata de un abrigo rocoso de gran extensión (100 m. aprox. de anchura) con una plataforma horizontal basal sobresaliente de unos 30/40 m. de ancho que en el límite norte buza ligeramente en esa dirección y profundiza en la roca unos 20 m. pero sin continuidad., lugar muy apto para la ocupación antrópica y el desarrollo de hábitat (Figura 7). Lo más llamativo, en una primera inspección visual, era la presencia de elementos líticos de molturación (molinos o metates y moletas), y junto con ellos una gran abundancia de material lítico tallado repartido sobre toda la superficie, pero con ciertas zonas de mayor acumulación, así como fragmentos cerámicos de diversa índole. Existen algunos agujeros en el suelo hechos por clandestinos que apenas han profundizado 15-20 centímetros, y que según nuestras apreciaciones no han alterado en exceso el registro arqueológico. Un registro sedimentario que podría alcanzar una apreciable profundidad (incluso métrica o superior), y que según los agujeros mencionados contendría restos por lo menos en esos 20/30 primeros centímetros, en uno de cuyos perfiles podemos apreciar la existencia de un gran recipiente cerámico fragmentado.

Al tratarse de una actividad de reconocimiento inicial se optó por la toma de datos y una breve descripción del lugar por lo que el análisis de materiales que ahora presentamos se limita a una visión muy somera “in situ” de los mismos.

Las materias primas empleadas para la elaboración de los útiles líticos tallados fueron principalmente rocas de carácter silíceo, fundamentalmente el sílex (pedernal) y en menor medida la cuarcita, con algunos ejemplos de rocas de origen ígneo. Tecnológicamente se pueden distinguir ejemplos prácticamente de todos los elementos de la cadena operativa (núcleos, lascas, debris, utensilios…), con tamaños también muy variados con valores máximos de 10 cm. y los milimétricos. Los núcleos más numerosos son los unidireccionales seguidos por los de tipo multidireccional. En este sentido es de destacar la existencia de un núcleo para la extracción de láminas, con clara preparación del plano de percusión, cuyo resultado serían productos con talones facetados. Entre los utensilios pudimos distinguir una punta de flecha espigada con escotaduras laterales y base ligeramente cóncava, fragmentada en la punta; varias muescas, algunos raspadores y un pequeño perforador, etc.

El material cerámico está compuesto por elementos muy fragmentados entre los que podemos distinguir formas abiertas mayoritariamente, con pastas de buena calidad y paredes alisadas que en algún caso se aproximan a la calidad de bruñido. Las tonalidades oscilan entre las grises y marrones para la mayoría y algunas rojizas en las paredes externas (Figura 8).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las investigaciones llevadas a cabo durante el desarrollo del proyecto *"Estudio geoarqueológico de Cuevas mortuorias en Tamaulipas: análisis e interpretación de los restos materiales, bioculturales y paleoambientales"* han aportado la localización y caracterización geoarqueológica de diversas cavidades y abrigos en el ámbito geográfico de la Sierra Madre Oriental en el estado de Tamaulipas (México). Desde una perspectiva cultural estamos situados en la superárea cultural mesoamericana, concretamente en la región geográfica de la Sierra. Una región en la que encontramos elementos característicos del precerámico, recolectores cazadores llegados en los siglos XIII y XVI, que ocuparon cuevas y abrigos, así como grupos de economía productora agrícola (Ramírez Castilla 2007).

De ellas, en tres casos se ha podido constatar la existencia de materiales arqueológicos que denotan una frecuentación humana por parte de grupos indígenas. Los primeros resultados cronológicos indican que, al menos, para una de ellas (la Cueva de la Sepultura) los numerosos restos óseos, así como fragmentos de textiles, cestería y cordelería se asocian a momentos del tercer milenio antes del presente (3.000 BP) (Velasco *et al.* 2012).

En las cuevas de la Sepultura y de las Calaveras se ha realizado una intensa labor de exploración tanto en el interior de las mismas como en su entorno más inmediato. Para el ámbito subterráneo la instalación de estaciones topográficas que han servido como base para la toma de medidas, así como la toma de fotografías y dibujos han permitido elaborar una planimetría completa de las mismas en las que se recogen las plantas, alzado desarrollado y varias secciones de los puntos más representativos. Con este material de trabajo la prospección arqueológica se puede plantear de una forma más sistemática y rigurosa, resultando mucho más efectiva, y permitiendo una localización más exacta de todo el material existente.

Al mismo tiempo, la observación y reconocimiento de las características físicas de los componentes primarios que debe contemplar todo estudio geoarqueológico (Butzer 1989) nos permite una investigación globalizadora basada fundamentalmente en las complejas interacciones sistémicas entre los factores y procesos culturales, biológicos y físicos.

Los datos preliminares sobre la formación y evolución de la Cueva de la Sepultura indican una génesis inicial producida por una erosión fluvial localizada y posteriormente una fase de encajamiento vertical por el rápido descenso del nivel de base regional y local. El marcado surco que actualmente se reconoce en el techo es indicativo de una escorrentía continuada donde el flujo debió estar condicionado directamente por la gravedad, creándose una zona vadosa y de escorrentía que creo surcos de flujo canalizados que seguirían el buzamiento de los estratos. La acción conjunta de esta evolución y los esfuerzos tectónicos que han ido produciendo derrumbes sucesivos de paredes y techo, condicionados por los numerosos planos de fractura que han conformado la morfología actual de la misma. Una morfología que no debió ser muy diferente a la que se encontraron los grupos indígenas que establecieron en ella su lugar de enterramiento.

El conocimiento detallado del espacio interno de la cavidad, y de sus características geológicas, geomorfológicas y edafosedimentarias, así como las conclusiones de la excavación en la zona de grandes bloques, nos permite pensar que la ocupación humana relacionada con los enterramientos debió realizarse en un momento en el que ya estaban depositados todos los sedimentos terrígenos en la zona de entrada y, un poco más hacia el interior, los grandes bloques desprendidos. Posteriormente, la ocupación de la cueva por parte de las poblaciones indígenas y su posterior frecuentación por grupos históricos, así como la propia dinámica natural erosiva, fueron mezclando, redistribuyendo y alterando la situación original de los enterramientos. En cualquier caso, queda bastante claro que toda la ocupación humana hasta ahora detectada es muy posterior a la caída y acumulación de los bloques.

Pero en este complejo sistema de interrelaciones no solamente tenemos en cuenta los rasgos morfotopográficos y geomorfológicos del espacio interior de la cavidad, sino que además hay que tener en cuenta igualmente el contexto paisajístico valorando el significado o influencia que los elementos medioambientales (orografía, vegetación, clima, etc.) pudieron tener en la selección del sitio, en su periodo de utilización y en su conservación.

En tal sentido se enmarca la prospección superficial y los muestreos de vegetación realizados en el valle donde se abre la cavidad y la zona llana del polje donde desemboca. En cuanto a la primera acción, las débiles evidencias de ocupación humana, apuntadas por la existencia de algunos restos de talla lítica en sílex en la zona llana más próxima a la salida del valle, no pueden ser interpretadas de momento más que como mero dato de presencia puntual indígena en el lugar. El análisis de materias primas y las características tecnotipológicas y su comparación con las piezas encontradas dentro de la cueva podrá ofrecernos quizás más luz al respecto.

En cuanto al aspecto biogeográfico, la vegetación que caracteriza el entorno actual de la cavidad está conformada por dos formaciones vegetales. La más próxima a la cavidad, en la vertiente que permite su acceso, representa un matorral xerófilo

característico de esta zona de la Sierra Madre Oriental que se desarrolla, con condiciones menos áridas con 450 a 900 mm de precipitación y que no sobrepasa los 2.000 metros de altitud. Las especies características de esta formación vegetal son *Helietta parviflora, Neopringlea integrifolia, Gochnatia hypoleuca, Pithecellobiem brevifolium, Cordia boissieri*. La otra formación vegetal, sobre el cono aluvial a la salida del valle, se desarrolla está dominada por un matorral rosetofilo que se desarrolla en rangos de precipitación de 200 a 500 mm, donde destacan los géneros *Agave, Hechtia y Dasylirion*, acompañados de *Larrea y Fouquieria*. En ambas aparece con un porcentaje significativo la especie *Agave lechuguilla Torrey.*

El número de especies reconocidas en ambas es muy similar, 22 para la primera y 23 para la segunda. Hay que pensar que estando tan próximas ambas formaciones (están en contacto una con otra) la diferencia de humedad responde por una parte a la concentración de esta en el valle y especialmente a un condicionamiento litológico y de funcionamiento del karst (disponibilidad de humedad) que ha posibilitado el desarrollo de cavidades. Así mientras la vertiente de la cavidad presenta un matorral submontano de condiciones más húmedas, la vertiente enfrentada presenta, al igual que sobre el cono aluvial, una vegetación de matorral rosetófilo, más xérica.

En las diferentes intervenciones que se han realizado en la cueva se han recuperado fragmentos de varas de madera de diferentes tamaños, algunas con formas curvadas de manera artificial, otras con restos de cordelería, algunos fragmentos textiles y cestería que, en general, se asocian a la fabricación de fardos funerarios u otros elementos contenedores destinados a diferentes tareas cotidianas. Es muy frecuente que para la elaboración de algunos de estos elementos se empleara el *Agave lechuguilla*, planta de carácter fibroso que tras un procesamiento adecuado puede transformarse en una materia prima muy adecuada para la realización de cordelería. Como podemos comprobar en las listas descriptivas de las especies actuales presentes en el entorno de la cueva, esta especie obtiene unos porcentajes bastante importantes, por lo que es de suponer que esta presencia se ha mantenido desde entonces. Al igual que la tradición de fabricación de objetos con el procesamiento de sus fibras, tal y como se puede comprobar hoy en día en algunas comunidades que habitan en esta comarca de la Sierra Madre Oriental.

De las intervenciones de los años 2010 y 2011 (Velasco *et al.* 2010; Velasco y Silva 2010) se obtuvo una interesante muestra de restos esqueléticos y materiales arqueológicos diversos. En un principio fueron localizados en superficie 4 conjuntos óseos principales que presentaban una variada gama de tipos de huesos que tras un análisis tafonómico se identificaron como pocedentes de bultos mortuorios que posteriormente tras un intenso saqueo fueron destruidos parcialmente y redistribuidos por la cavidad. El número mínimo de individuos (NMI) representados a partir de los huesos que se recuperaron en la primera intervención asciende a 26 sujetos.

La posterior excavación realizada en 2012 documentó diferentes perfiles estratigráficos y plantas de niveles arqueológicos logrando recabar una mayor cantidad de muestras osteológicas, generando una importante colección que posibilita la elaboración de diversos tipos de análisis y estudios comparativos. Según Velasco y otros (Velasco *et al.* 2012) estos individuos pertenecerían a grupos de población indígena con una morfología craneal dolicoide característica de las poblaciones antiguas típicas de Aridoamérica que habrían utilizado la cueva como recinto funerario.

Entre los utensilios recuperados destacan 8 objetos hechos en hueso (punzones, agujas, raspadores, etc.) con una tecnología muy depurada de manufactura especializada que demuestra gran dominio de esta materia prima y que tipológicamente responde a una reiteración de formas básicas que se repite en otras colecciones de contextos y dataciones diferentes (Hernández y Meza 2013). Por tanto, su asimilación a un contexto cultural concreto queda pendiente de la ampliación del registro producido y su comparación con otros conjuntos, aunque en esta línea de interpretación pueden ser perfectamente asociados al momento cronológico indicado por las dataciones obtenidas (3.000 BP).

También es escasa la muestra de materiales líticos, además de no contar con elementos diagnósticos por lo que no es posible establecer algún elemento para fechar relativamente o encontrar alguna asociación con materiales de otras colecciones o yacimientos (Pérez y Silva 2013). Tan solo se puede observar que el uso de estas materias primas, fundamentalmente caliza, pedernal y cuarcita, responden a estrategias de abastecimiento local.

En la Cueva de las Calaveras los distintos bloques y paredes han sufrido a lo largo del tiempo procesos tectónicos, pequeñas fases erosivas y corrosivas, fruto de la evolución de la cavidad, logrando un perfil de equilibrio gravitacional que amplió con grandes desprendimientos de parte de la bóveda actual y de los bloques existentes en todo el espacio reconocido. En el techo no se aprecian fracturas que lo recorran en su totalidad, aunque sí hay fracturas zonales, especialmente en la entrada, donde también se ve una comunicación con el exterior a través de un tubo de lapiaz. Las huellas erosivas marcadas en el actual techo y paredes nos llevan a pensar en una escorrentía continuada, donde el flujo estuvo condicionado directamente por la gravedad. Esta situación sigue actualmente vigente pues hemos podido comprobar cómo las inflitraciones se siguen produciendo con un constante goteo, por ejemplo en la zona del gour de la entrada.

Los materiales arqueológicos de esta cavidad proceden de una recolección superficial muestreados de manera aleatoria en distintas zonas de su interior (Caro *et al.* 2011 y Silva 2012). Al ser muy escaso el conjunto no se ha podido hacer una caracterización precisa, salvo en la muestra de fragmentos cerámicos, de la que Carlos Pérez ha realizado un estudio preliminar (Pérez Silva 2013). En él se ha concluido su similitud con los materiales del área de Rio Verde, con unas cronologías propuestas de entre 250 a 600 d.C., por lo que esta cerámica se correspondería con un periodo de presencia tardío en relación a los resultados por C14 para la otra cavidad ya comentados. Es por ello también digno de destacar que mientras en aquella (La Sepultura) con cronologías más antiguas, no existe cerámica, en esta de las Calaveras si está presente y correspondiéndose con unas cronologías más recientes.

Finalmente, en lo que respecta al interesante abrigo/cueva del Aniversario, aún son pocos los datos de los que disponemos, sin embargo, la abundancia de industria lítica, con evidencias de producción de cadenas operativas in situ, junto a la aparición de elementos de molturación de productos vegetales y cerámica, señalan hacia una ocupación con cierto grado de permanencia de grupos productores. Al tratarse de una estructura rocosa poco profunda, pero bien protegida contra la intemperie y morfológicamente adecuada para el establecimiento de un grupo humano, donde poder realizar las actividades cotidianas, lo aleja, desde un punto de vista funcional, de los hábitats que hemos descrito para las otras dos cavidades, donde su uso como recinto funerario, posiblemente exclusivo, queda patente. A ello hay que añadir también un acceso mucho menos complicado que el de las cuevas, muy cerca del lecho del río donde podían disponer de agua abundante y otros recursos bióticos y abióticos.

Hasta que no se haga un análisis detallado de la estratigrafía no podremos saber si los restos encontrados pertenecen a una o varias ocupaciones sucesivas, a un mismo grupo cultural o varios en momentos cronológicos distintos. Las primeras observaciones en superficie y las pequeñas estratigrafías de los agujeros de los expoliadores nos llevan trabajar con la hipótesis de una coexistencia temporal para todos los materiales, tanto líticos tallados como los pulimentados, asociados al procesamiento de vegetales, y la cerámica. Como una primera aproximación cronológica, la punta de flecha con escotaduras laterales (tipo cara-cara?) podría asociarse a momentos del Prehistórico Tardío (700 d.C.) (Pérez Silva 2008, cfs. a Turner y Hester 1993). El gran potencial geoarqueológico de este yacimiento lo convierte, a nuestro entender, en uno de los sitios claves en la investigación futura de los grupos indígenas en la Sierra Madre Oriental en el estado de Tamaulipas.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE) del Ministerio de Cultura, que financió el proyecto; al INAH y a la UNAM por su inestimable colaboración en el desarrollo del mismo; y a los compañeros Jesús E. Velasco, Tonantzin Silva y Carlos V. Pérez, por acompañarnos y poner a nuestra disposición todos sus recursos y conocimiento.

BIBLIOGRAFÍA

ALCINA FRANCH, J. (Coord.). 1998. *Diccionario de Arqueología*. Alianza Editorial, Madrid.

BUTZER, K. W. 1989). *Arqueología. Una Ecología del Hombre*. Bellaterra [1ª Edición inglesa 1982], Barcelona.

CÁMARA ARTIGAS, R. y DÍAZ DEL OLMO, F. 2013. Muestreo en transecto de formaciones vegetales de fanerófitos y Caméfitos (I): Fundamentos metodológicos. *Estudios geográficos*, Vol. 74. Núm. 274: 67-88.

CARO GÓMEZ, J.A., ÁLVAREZ GARCÍA, G., CÁMARA ARTIGAS, R., MOLINA RODRÍGUEZ, J., VELASCO GONZÁLEZ, J.E., SILVA CÁRDENAS, T. y PÉREZ SILVA, C. 2012. Estudio geoarqueológico de cuevas mortuorias en Tamaulipas: análisis e interpretación de los restos materiales, bioculturales y paleoambientales: resultados preliminares de la campaña 2011-2012". *Informes y Trabajos 9*: 562-584; Secretaría General Técnica del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Madrid.

EGUILUZ DE ANTUÑANO, S., MARRETT, R. y ARANDA GARCÍA, M. 2000. Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Tomo 53, Tomo 1: 1-26.

HERNÁNDEZ ROCHA, J. A. Y MEZA PEÑALOZA, A. 2013. Análisis morfológico y tafonómico del hueso trabajado. *Proyecto EBROHPCMT*, Temporada I, Informe técnico parcial análisis bioarqueológico de materiales. Instituto de Investigaciones Antropológicas. Universidad Nacional Autónoma de México.

INEGI. 1983. *Síntesis geográfica del Estado de Tamaulipas*. México, Secretaria de Programación y Presupuesto.

MORALES HERVÁS, F. J. 2000. Prospección y excavación: principios metodológicos básicos. En BENÍTEZ DE LUGO ENRICH, L. (Coord.): *El patrimonio arqueológico de Ciudad Real: métodos de trabajo y actuaciones recientes*, UNED, Ciudad Real: 355-368.

PÉREZ SILVA, C. 2013. Informe de clasificación y análisis de los materiales líticos arqueológicos procedentes de la Cueva de la Sepultura., Informe Archivo Técnico Centro INAH-Tamaulipas.

PÉREZ SILVA, C. (en prensa). Utensilios de piedra tallada y pulida procedentes de la Cuerva de la Sepultura. Tula, Tamaulipas. En: Tonanzin Silva Cárdenas y Abigail Meza Peñaloza (coordinadoras) *Entre yucas y lechugillas; Estudio biocultural de cuevas en Tamaulipas.*

PÉREZ SILVA, C. y SILVA CÁRDENAS, T. 2013. Informe de clasificación y análisis de los materiales líticos arqueológicos procedentes de la cueva de la sepultura y la cueva de los muertos, Tula, Tamaulipas. *Proyecto EBROHPCMT*, Temporada I, Informe técnico parcial análisis bioarqueológico de materiales. Instituto de Investigaciones Antropológicas. Universidad Nacional Autónoma de México.

PÉREZ SILVA, C., SILVA CÁRDENAS, T. y VELASCO GONZÁLEZ, J. E. 2012. *Proyecto EBROHPCMT*, Temporada II. Instituto de Investigaciones Antropológicas. Universidad Nacional Autónoma de México.

RAMÍREZ CASTILLA, G. A. 2007. *Panorama arqueológico de Tamaulipas*. Instituto Tamaulipeco para la Cultura y las Artes. CONACULTA-INAH. Estado de Tamaulipas.

RENFREW, C. y BAHN, P. 2008. *Arqueología: conceptos clave*. Akal, Madrid.

RUIZ ZAPATERO, G. 1988. La prospección arqueológica en España: Pasado Presente y Futuro. *Arqueología Espacia*l 12: 33-47, Teruel.

RUIZ ZAPATERO, G. y BURILLO MOZOTA, F. 1988). Metodología para la investigación en Arqueología territorial. *Munibe (Antropología y Arqueología*), Nº 6: 45-64, Guipúzcoa.

RUIZ ZAPATERO, G. y FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, V. 1993. Prospección de superficie, técnicas de muestreo y recogida de la información. En *Actas, Inventarios y Cartas arqueológicas (Hom. a Blas Taracena)*: 87-98. Soria, Junta de Castilla y León.

RZEDOWSKI, J. 2006. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

SILVA CÁRDENAS, T., VELASCO GONZÁLEZ, j., MEZA PEÑALOZA, A., SERRANO, C. y PÉREZ SILVA, C. 2012. Informe Técnico de Recorrido de Superficie de la Temporada I. Estudio biocultural en restos óseos procedentes de cuevas mortuoria en Tamaulipas. Archivo Técnico del Centro INAH-Tamaulipas.

SILVA CÁRDENAS, T., CARO GÓMEZ, J.A., ÁLVAREZ GARCÍA, G. y MOLINA, J. (en prensa). Localización y registro de cuevas: sistematización para su estudio arqueológico. En: Tonanzin Silva Cárdenas y Abigail Meza Peñaloza (coordinadoras) *Entre yucas y lechugillas; estudio biocultural de cuevas en Tamaulipas*.

VAQUERIZO GIL, D., MURILLO REDONDO, J. F. y QUESADA SANZ, F. 1991. Avance a la prospección arqueológica de la Subbética cordobesa: la depresión Priego-Alcaudete. *AAC*, Nº 2: 117-170. Córdoba.

VELASCO GONZÁLEZ, J. E. 2012. *En Busca Del Hombre Temprano En América; Restos Humanos Precerámicos (3000 A. P) Procedentes De Cuevas Mortuorias En Tamaulipas, México*. VI Simposio Internacional "El Hombre Temprano en América: Modelos de Poblamiento y Aportes desde las Territorialidades Tropicales" Pereira-Armenia-Manizales, Colombia. 19 al 24 de noviembre de 2012.

VELASCO GONZÁLEZ, J. E. y PÉREZ SILVA, C. 2010. *Proyecto de rescate arqueológico en la Cueva de la Calavera. Tula, Tamaulipas.* Victoria: INAH-Centro INAH Tamaulipas.

VELASCO GONZÁLEZ, J. E., PÉREZ SILVA, C., SILVA CÁRDENAS, T., HERNÁNDEZ ROCHA, J.A. y VÁZQUEZ GARCÍA, G. 2010. *Informe de campo del rescate arqueológico en la Cueva de la Calavera, Tula, Tamaulipas*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Centro INAH Tamaulipas. Ciudad Victoria.

VELASCO GONZÁLEZ, J. E., PÉREZ SILVA, C. y SILVA CÁRDENAS, T. 2011. *Estudio Biocultural en restos óseos humanos procedentes de cuevas mortuorias en Tamaulipas.* Proyecto presentado al Consejo de Arqueología.

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DE LAS TRES CAVIDADES ESTUDIADAS EN SU CONTEXTO REGIONAL (TAMAULIPAS, MÉXICO).

Figura 2. Vista general de la ubicación de la Cueva de la Sepultura desde el cono aluvial a la salida del valle. Trabajos de prospección e identificación de especies vegetales.

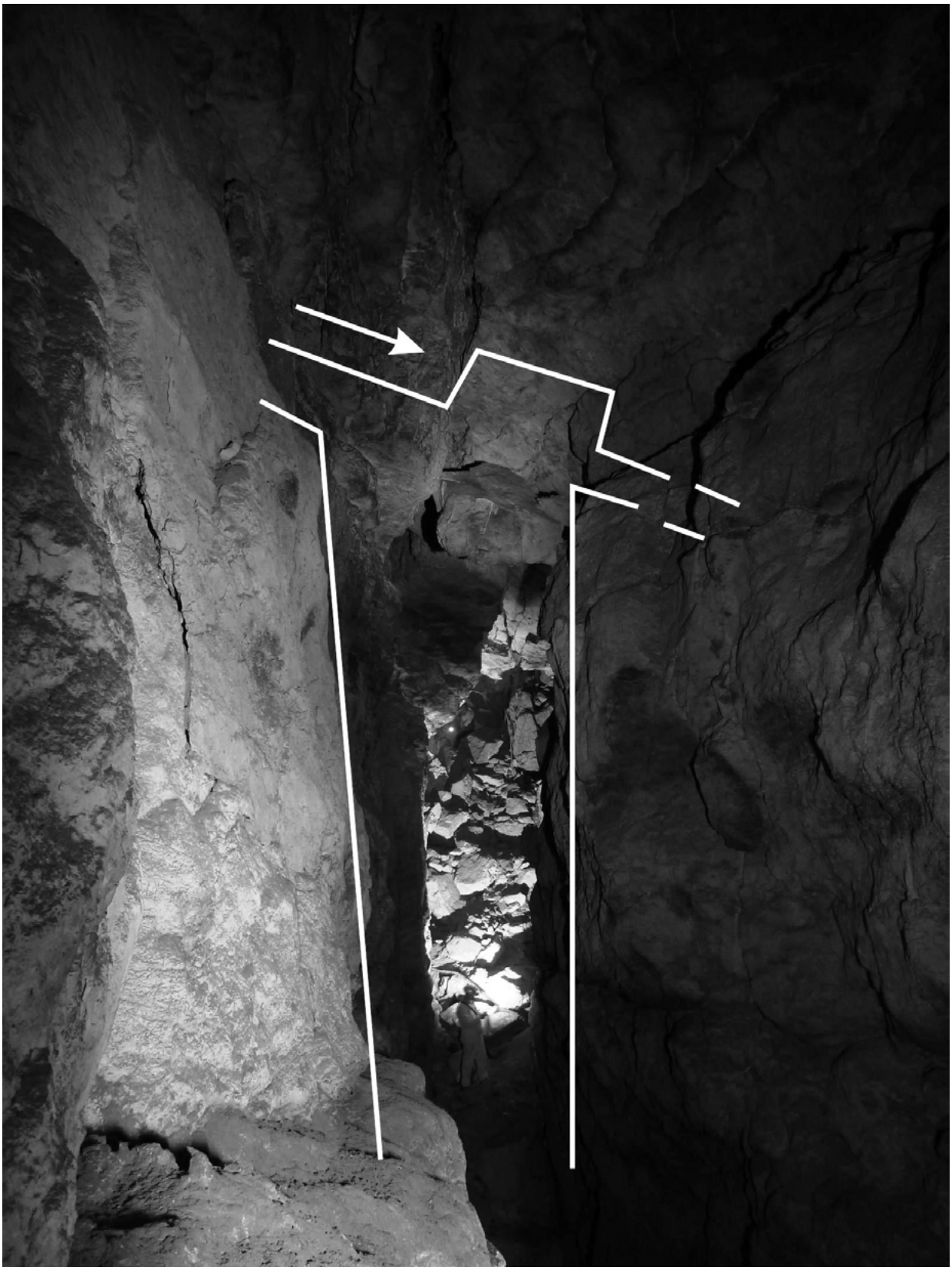


Figura 3. Vista general del tramo final y más profundo de la Cueva de la Sepultura durante la exploración y prospección arqueológica. Las líneas indican la estructura geológica de la cueva con el buzamiento de los estratos y la actuación de la tectónica que daría lugar al conducto original.

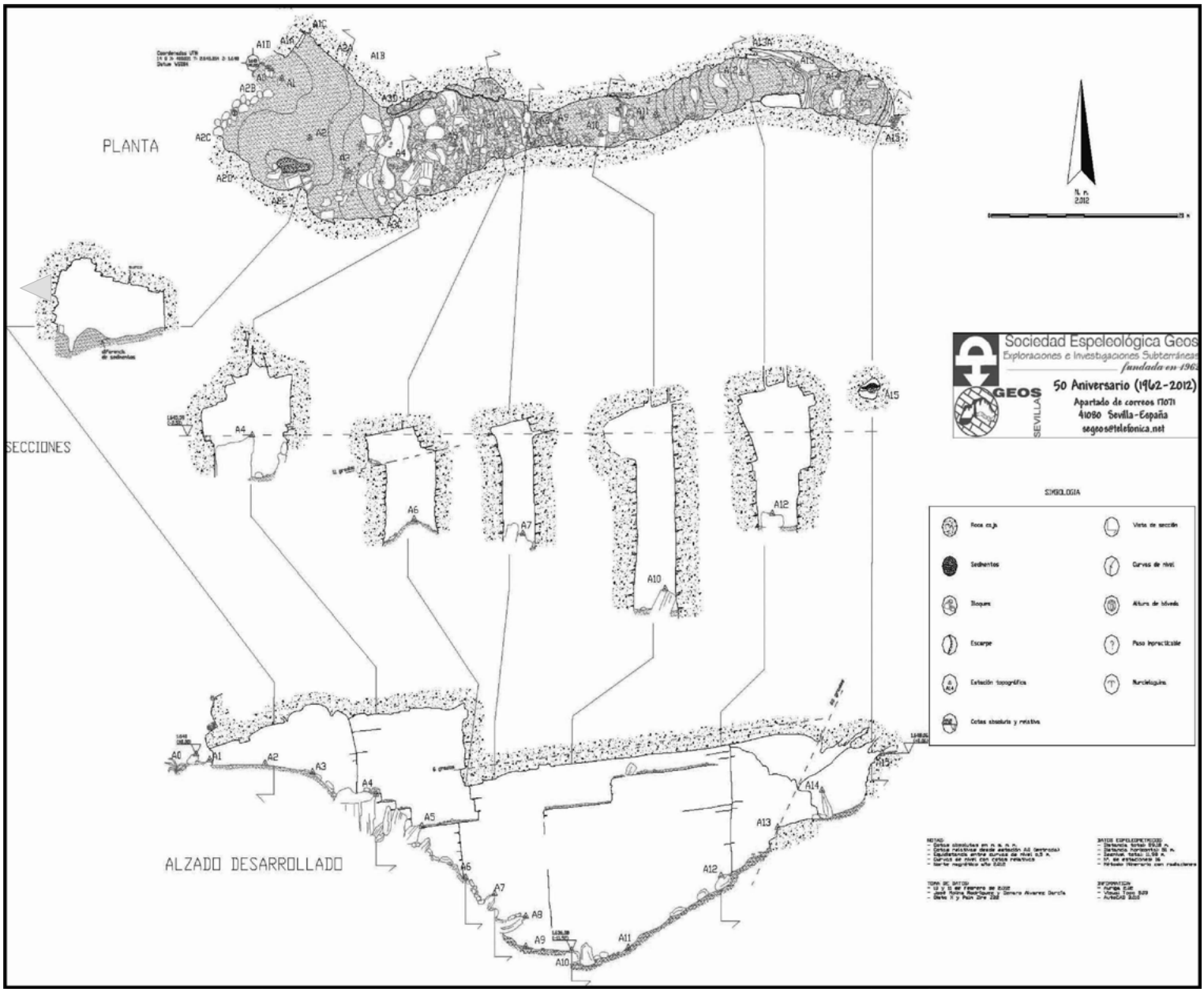


FIGURA 4. PLANIMETRÍA GENERAL DE LA CUEVA DE LA SEPULTURA (SECCIONES, PLANTA Y ALZADO).

Figura 5. Localización, documentación y rescate de elementos arqueológicos en la cueva de las Calaveras.

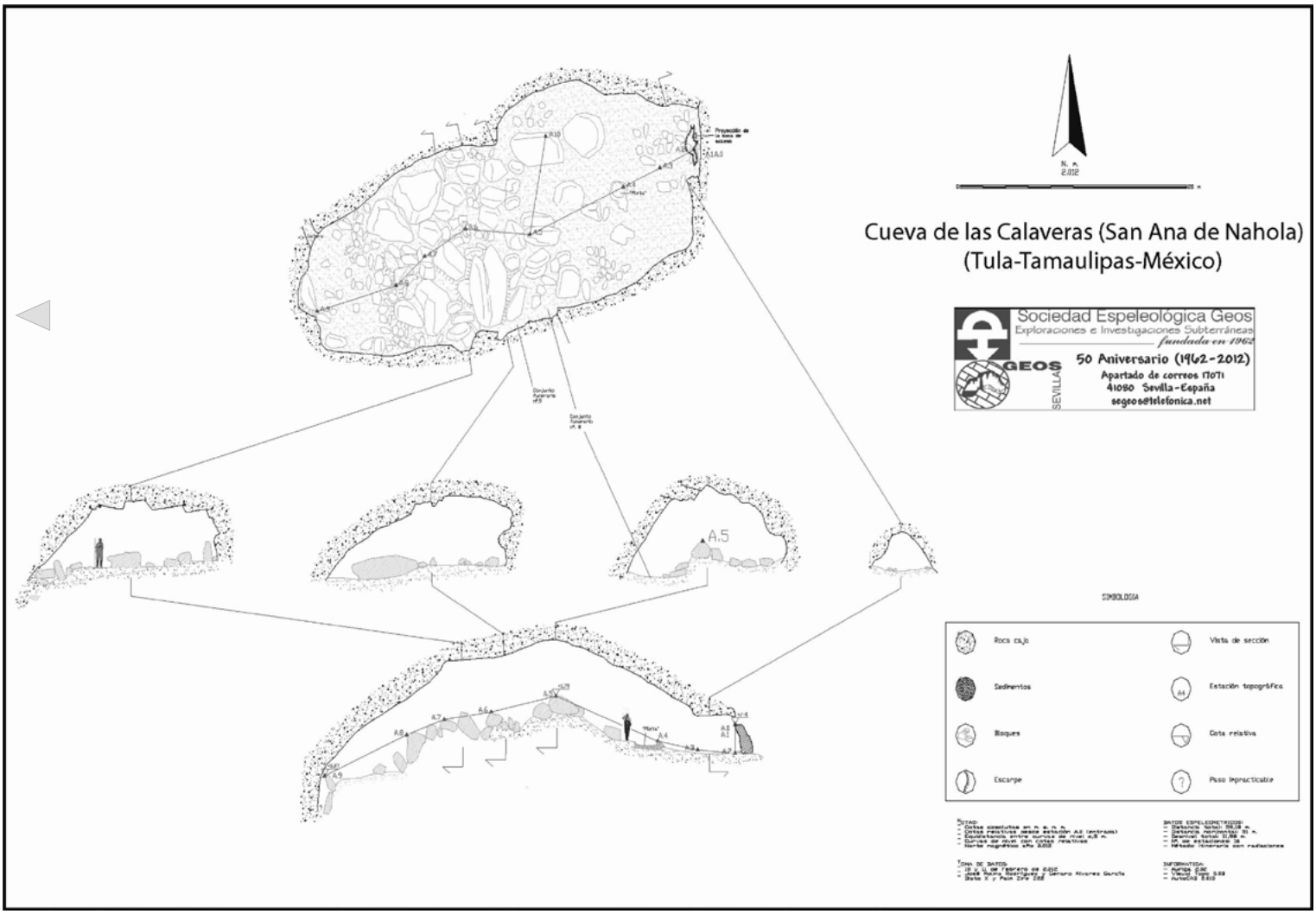


FIGURA 6. PLANIMETRÍA GENERAL DE LA CUEVA DE LAS CALAVERAS (SECCIONES, PLANTA Y ALZADO).

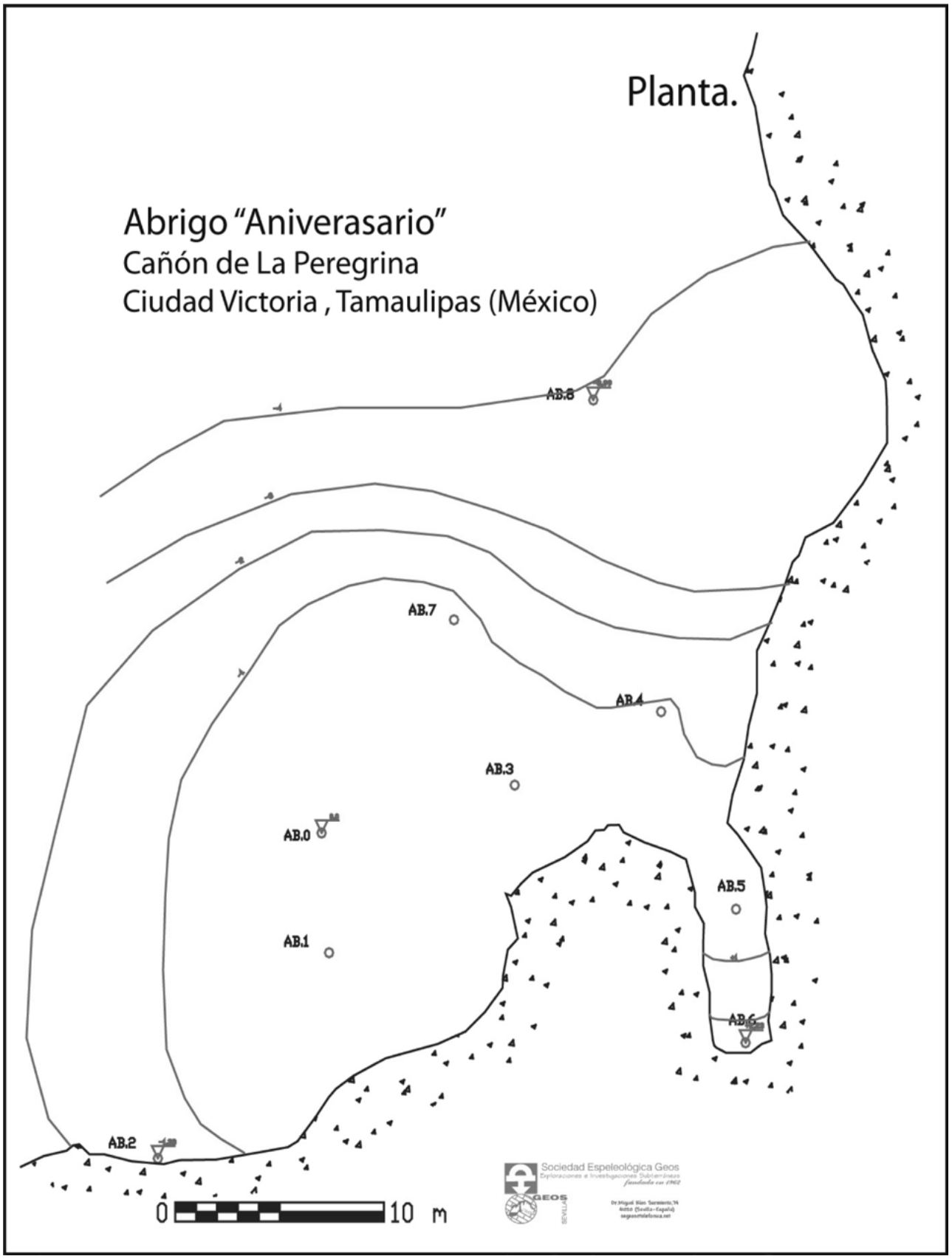


FIGURA 7. PLANIMETRÍA GENERAL DEL ABRIGO/CUEVA DEL ANIVERSARIO.

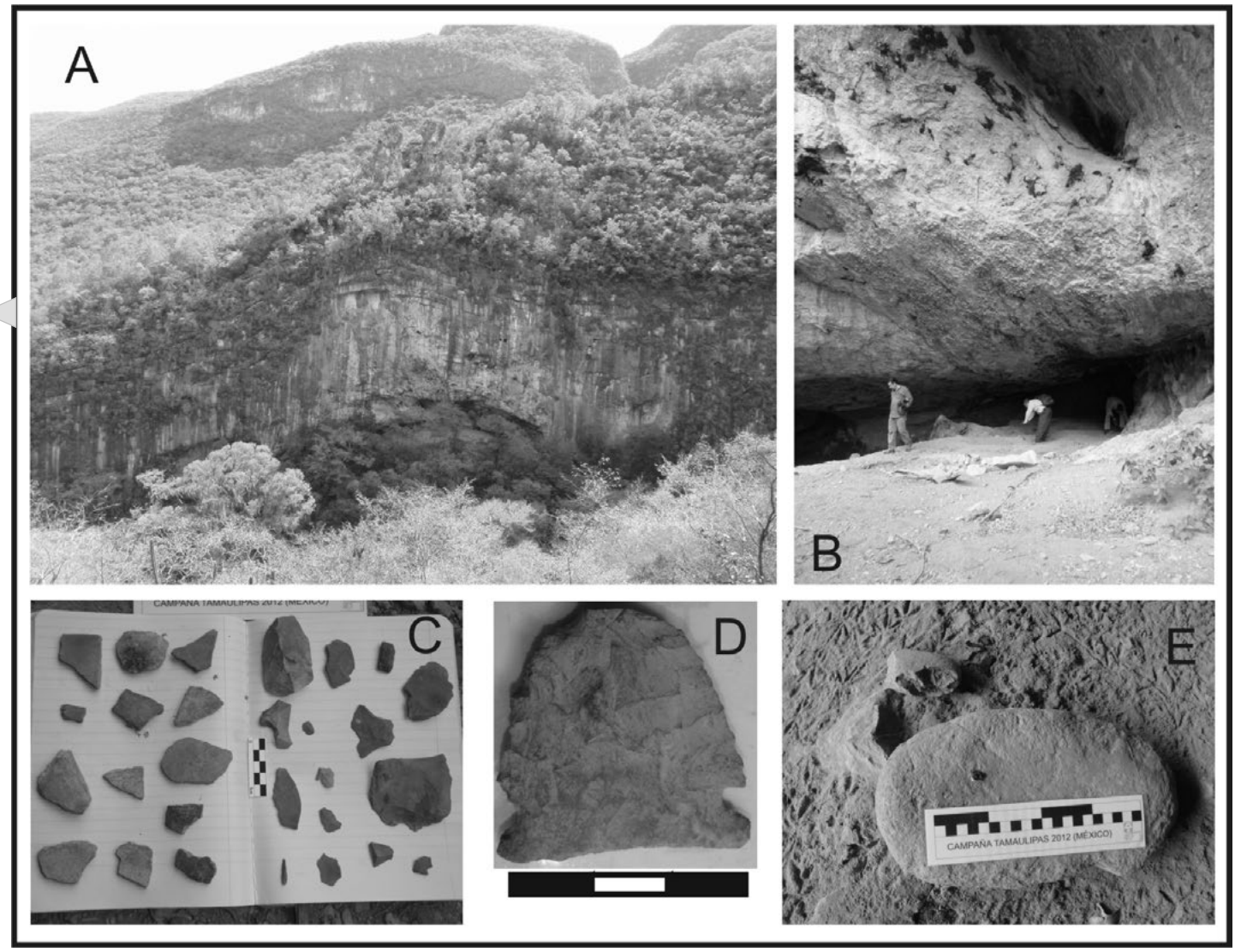


Figura 8. Vista panorámica del abrigo del Aniversario (A). Suelo del interior del abrigo y labores de prospección y documentación (B). Muestra representativa de los elementos arqueológicos (cerámica e industria lítica tallada) que se pueden observar en el suelo del abrigo(C). Punta de flecha con escotaduras laterales (D). Metate fracturado localizado cerca de uno de los agujeros de los clandestinos (E).

DE LAS TOLDERÍAS AL RANCHO. ARQUEOLOGÍA ESPACIAL DEL POBLAMIENTO RURAL EN EL NORDESTE DE LA PAMPA (1870-1930): MÁS ALLÁ DE LAS NUBES DE PUNTOS EN MAPAS

FROM THE "TOLDERÍAS" TO THE RANCH. SPACE ARCHAEOLOGY OF THE RURAL SETTLEMENT IN THE NORTHEAST OF LA PAMPA (1870-1930): BEYOND DATA POINTS IN MAPS

Carlos Landa[1]

Alfredo Maximiano Castillejo[2]

RESUMEN

En esta propuesta se desarrolla el diseño de investigación arqueológico-histórico que buscará indagar sobre el proceso de ocupación del espacio en el nordeste de La Pampa, República Argentina (1870-1930). Durante este período el área de estudio pasó paulatinamente desde los asentamientos indígenas ranquelinos y militares de frontera (fortines), a las instalaciones relacionadas con la explotación rural (arrendatarios y colonias). Con el fin de abordar el proceso de construcción social de este espacio, este trabajo propone tratar el problema del cambio/transformación en el paisaje motivado por la consolidación (imposición) de nuevas y radicalmente distintas relaciones sociales basadas en el modelo de explotación agro-pecuaria capitalista, en términos de una semántica espacial coherente para tratar un conjunto extenso de datos arqueológicos, fuentes escritas, elementos etnográficos (memoria oral) para elaborar un consistente marco de análisis e interpretación acerca de las dinámicas espaciales acaecidas en el nordeste de la Pampa durante aquel periodo histórico.

Palabras clave: Frontera, Mundo Rural, Nordeste de La Pampa (Argentina), Espacialidad

ABSTRACT

In this approach the design of archaeological-historical research that seeks to inquire into the process of occupying space in the northeast of La Pampa, Argentina (1870-1930) develops. During this period the study area passed gradually from the indigenous settlements and military installations border related to rural development (tenants and colonies). In order to address the process of social construction of this type of landscape, this paper proposes to address the problem of change / transformation driven by the consolidation (imposition) of new and radically different social relationships (exploitation model landscape capitalist) in terms of a coherent spatial semantics that enables treatment of extensive archaeological data set, written sources, ethnographic elements (oral tradition, folklore) to develop a consistent framework for analysis and interpretation about the spatial dynamics occurring in the northeast variability of the Pampa.

Keywords: Frontier, Rural World, Nor-east of La Pampa (Argentina), Spaciality

ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

Tomando como punto de partida la historiografía, se considera que han sido numerosos y notables los aportes que tanto historiadores y sociólogos han realizado acerca de los factores políticos, económicos, culturales y sociales vinculados a los procesos poblacionales acontecidos en la *pampa bonaerense* y la *pampa seca* (provincias de Buenos Aires y La Pampa respectivamente) posteriores a las campañas militares al desierto. La mayoría de estas contribuciones -desde distintas posiciones teóricas- se focalizaron en múltiples y variados aspectos, como por ejemplo: los cambios en la producción agrícola-ganadera (ovino, bovino, cerealera, etc.); en la gama de relaciones acaecidas entre los distintos agentes sociales (colonos, inmigrantes, arrendatarios, medieros, golondrinas, campesinos, estancieros y comerciantes); en el repartimiento de tierras y en la variación de los aspectos demográficos (Scobbie 1968; Delich 1972; Laclau 1975; Cazenave 1993; Colombato 1995; Barsky y Djenderedjian 2003; Miravalle 2005; Djenderedjian 2008; Salomón Tarquini 2011, etc.). Si bien, la mayoría de estos autores no hicieron hincapié en las prácticas sociales vinculadas al uso/gestión del espacio por parte

[1] Instituto de Arqueología. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires. CONICET. Argentina carlosglanda@gmail.com
[2] Instituto Internacional de Investigaciones Prehistórica. Universidad de Cantabria. Santander. España maximainocastillejo@gmail.com

de los distintos grupos, ni tampoco a su relación con la cultura material; sus aportes en torno al contexto socio-histórico regional y local, resultan significativos para derivar expectativas arqueológicas especialmente vinculadas con dichas prácticas, entre otras.

La Arqueología histórica, como perspectiva de conocimiento, se encuentra escasamente representada dentro de la investigación arqueológica producida en la provincia de La Pampa. Como antecedentes podemos citar los trabajos desarrollados por distintos investigadores, que han estudiado documentación, prospectado y excavado diversos tipos de sitios de dicha provincia, tanto de *ocupaciones indígenas*: el sitio Don Isidoro 2 (Tapia 1998, 2011; Pineau 2010; Montanari 2013), *militares*: el sitio Fortín la perra y el derrotero de las campañas del coronel Eduardo Racedo (1878-1879) (Tapia 1999; Tapia y Pineau 2004; Landa 2010; Spota 2010). Estos trabajos fueron exhaustivos y aportaron conocimientos sobre múltiples prácticas sociales de los grupos que lo habitaron, entre ellas aquellas vinculadas al uso/gestión del espacio (Tapia y Pineau 2004; Tapia *et al.* 2010).

El proceso de colonización por parte de criollos y europeos fue abordado arqueológicamente a partir de las características que presentaban las tumbas de un cementerio rural (Soncini 2005, 2008); el estudio de pulperías (Berón 1993; Curtoni 1998 en Berón y Curtoni 1999) y estafetas postales (Molinari 1993 en Berón y Curtoni 1999).

Hasta el año 2008 no se habían realizado investigaciones desde la perspectiva de la Arqueología histórica en el área de estudio cubierta por nuestro proyecto (nordeste de la provincia de La Pampa). A partir de dicho año, se iniciaron excavaciones en el sitio "Puesto San Eduardo" (Departamento Trenel), antiguo asentamiento rural ocupado por arrendatarios durante los inicios del siglo XX y abandonado en el año de 1932 (Landa *et al.* 2009). Por otra parte, se prospectaron y llevaron a cabo excavaciones en dos sitios: Posta el Caldén, que se corresponde con una posta de caminos y casa de negocios de fines del siglo XIX (1888-1906) (Montanari *et* al 2012) y Mariano Miró, un pueblo rural, de 500 habitantes, ocupado durante una década y abandonado a pedido de los terratenientes locales (1901-1911) (Landa *et* al 2012). Estos estudios produjeron gran cantidad de datos arqueológico-históricos referentes a las diversas prácticas sociales de los grupos involucrados en la génesis y transformación de un nuevo espacio rural.

Dentro de esta dinámica de desarrollo y consolidación de la Arqueología histórica en este sector de la República Argentina, este artículo presenta las líneas principales en el diseño de investigación para tratar un hecho histórico concreto: el *Proceso de ocupación del espacio* en el nordeste de La Pampa (Departamentos de Trenel, Realicó, Chapaleufú, Maracó y Rancul), desde 1870 hasta 1930 (Figura 1). Durante este período el área de estudio estuvo ocupada por diferentes grupos sociales: pasó paulatinamente desde los asentamientos indígenas ranquelinos y los sitios militares nacionales (fruto de diferentes procesos militares destinados a "pacificar" la región), a las instalaciones relacionadas con la explotación rural del sistema arrendatario y de las primeras colonias. Dichas instalaciones perduraron hasta comienzos de la década de 1930, cuando los estancieros dueños de las tierras comenzaron a explotar de forma diversificada sus propiedades, lo que provocó un nuevo cambio en la organización del espacio.

Las diferentes formas de poblamiento y sus cambios en la diacronía estarían vinculadas estrechamente con la existencia del *espacio de frontera* y su desaparición debido al sometimiento e incorporación forzosa de los pueblos originarios de la región dentro de la egida de un estado-nación soberano. Este suceso dio origen a la emergencia de una *campaña rural*, lo que se materializó tanto en una nueva percepción del espacio, como en el aporte de una novedosa y radicalmente distinta organización de las relaciones espaciales orientadas hacia múltiples prácticas socio-económicas concretas vinculadas con la producción agropecuaria y su ingreso en el mercado capitalista mundial.

El proceso de uso, transformación y creación/construcción social del paisaje (Lefebvre 1991; Sánchez 1984, 1991) durante el período de estudio puede identificarse a partir de diversas expresiones culturales que han perdurado hasta la actualidad, tales como las vías de circulación (rastrilladas, caminos rurales y vías férreas), los desmontes del caldenar (*Prosopis caldenia*, leguminosa de corteza gruesa), el avance del frente agrícola-ganadero y la toponimia actual, que incluye términos indígenas, militares y de los primeros colonos (e.g, *Realicó, Chadilauquen, Coronel Hilario Lagos, General Pico, Alta Italia, Embajador Martini*, etc.).

La problemática del poblamiento y colonización del nordeste de La Pampa por parte de la "sociedad blanca" desde lo que fue la "Campaña del desierto", hasta la consolidación del mundo rural vinculado productivamente (agricultura y ganadería) con el circuito económico global, como mencionamos anteriormente, ha sido abordada por historiadores y, en menor medida, por otros investigadores sociales. No obstante, consideramos que desde el enfoque de la Arqueología histórica, y en concreto desde una perspectiva espacial, se pueden generar conocimientos significativos sobre las formas de construir, ocupar, habitar y concebir un espacio y su plasmación material que elaboraron los diferentes grupos poblacionales a lo largo del tiempo en toda esta región; así como sus consecuencias culturales y ambientales que han incidido en la configuración del territorio en la actualidad.

A partir de la integración de datos del registro arqueológico junto a otros tipos de fuentes (orales, escritas, cartográficas y fotográficas), se propone indagar sobre las diferentes (o similares) estrategias implementadas por parte de los distintos *grupos sociales* para la gestión del espacio a lo largo del período de estudio mencionado. Consideramos que la interacción entre el enfoque arqueológico-histórico y determinado conjunto de razonamientos teórico-metodológicos de la arqueología espacial, puede aportar conocimientos y una visión novedosa sobre el proceso de poblamiento del área durante el período cronológico de estudio.

Para alcanzar las expectativas planteadas se hace necesario cumplir una serie de requisitos: *i)* Caracterizar el *proceso de construcción social del paisaje* en el sector nordeste de la actual provincia de La Pampa, desde los últimos asentamientos ranquelinos (tomando como partida el año de 1870) y las primeras avanzadas militares (1876-1885) hasta el final del sistema rural basado en las colonias y el arrendamiento (ca. 1930). *ii)* Establecer las diferencias y semejanzas que existieron -y fueron plasmadas en la geografía de la región- acerca de las múltiples estrategias de ocupación y uso social implementado por cada uno los diversos grupos humanos en el área de estudio. Con el fin de lograr *i* y *ii,* será necesario: 1. Realizar el análisis de la distribución espacial de los asentamientos correspondientes a los distintos grupos sociales y con diferentes tipos de funciones de manera multi-escalar: desde la macroescala, hasta el intra-site. 2. Conocer las relaciones, en términos de pertenencia, intensidad y direccionalidad entre las diferentes y múltiples entidades que el registro documental reconoce y que la actividad arqueológica ha llegado –en ocasiones- a contrastar, como por ejemplo: *tolderías, cementerios, fortines, campamentos, taperas o ranchos, puestos rurales, pulperías o casas de negocios, postas, pueblos rurales y estancias*, etc., que guardan una coherencia en términos de movilidad y tránsito (tanto de personas, como de bienes y mercancías), con lo cual será necesario estudiar qué relación pudieron tener con las vías de circulación principales y secundarias (por ejemplo: *rastrilladas indígenas, caminos utilizados por los colonos, descubiertas militares* y líneas ferroviarias). Además, será interesante determinar cómo era la relación con los centros urbanos (redistribuidores) más cercanos.

Esto permitirá establecer un discurso interpretativo en clave espacial acerca de cuestiones como:

a. Determinar las posibles relaciones entre los lugares seleccionados para instalar los asentamientos con la presencia-ausencia de determinados accidentes naturales (montes, bajos, lomadas, médanos, planicies, cursos de agua, manantiales y cuencas lacustres).

b. Aproximación a las estrategias de subsistencia y las prácticas sociales de uso del espacio implementadas por los múltiples agentes sociales que confluyeron en esa región durante un periodo estimado de unos 60 años.

Norte de la provincia de La Pampa (1870-1930): GRUPOS sociales y sitios relacionados

Los grupos aborígenes del área del estudio: los Ranqueles

Los diversos grupos indígenas que habitaron la región pampeana-patagónica desarrollaron vastas redes de intercambio tanto con los españoles y criollos como con otras parcialidades. Dichos grupos fueron convirtiéndose en engranajes internos de una densa *red mercantil* que unían la región del Plata con la de Valdivia, Chile (Crivelli Montero 1994). A lo largo del siglo XIX, en relación con estas redes, muchos de los líderes grupales, conocidos con el término de *caciques*, adquirieron poder y fuerza, que utilizaron en los conflictos con otras parcialidades indígenas así como con los hispanos y criollos. La composición de estos grupos evidenciaba la vertiginosa dinámica social de la vida fronteriza: en las tolderías habitaban los caciques principales y sus segundos (denominados *caciquillos* y/o *capitanejos*), los indios de pelea o lanzas, sus mujeres, ancianos, niños y por último los cautivos y renegados.

Desde la última mitad del siglo XVIII, la parcialidad indígena denominada Ranqueles (gente de los carrizales en lengua *mapudungun*) se había consolidado en el territorio que abarca el norte y centro de la actual provincia de La Pampa, sur de San Luís, sur de Córdoba y sudeste de Mendoza (República Argentina). Numerosos autores postulan para los Ranqueles un origen radicado en migraciones de grupos Pehuenches como parte del denominado proceso de araucanización de las pampas (Fernández 1998; Tapia 2011, entre otros). Los asentamientos de los principales caciques ranqueles fueron Leuvucó y Poitahué (actual centro-oeste de la provincia de La Pampa). Los cacicazgos ranquelinos se estructuraron, cobrando fuerza y dinamismo a lo largo del siglo XIX para desaparecer, junto a su autonomía, como consecuencia de los reiterados ataques de las fuerzas nacionales durante la denominada "*Conquista del Desierto*".

Los distintos grupos indígenas, hasta el colapso de sus autonomías, fueron tomando parte en las luchas de los criollos, los caciques Ranqueles lo hicieron del lado Unitario[3]. La política diplomática con las parcialidades indígenas, desarrollada

[3] El Partido Unitario fue un partido político argentino de tendencia liberal, que sostenía la necesidad de un gobierno centralizado en las Provincias Unidas del Río de la Plata desde la segunda década del siglo XIX.

durante el gobierno federal[4] de Juan Manuel de Rosas, posibilitó una era de relativa paz en la *Frontera del Sur* (aunque más que nada específicamente en el sector bonaerense). Dicho gobernante mantuvo una relación conflictiva con los Ranqueles quienes fueron el blanco de la mayoría de las actividades bélicas de frontera llevadas a cabo por la *política rosista*. Estos grupos respondieron a varios caciques cuyo liderazgo se tornó hereditario (Yanquetruz, Pichún, Painé, Mariano Rosas y Baigorrita). Los cacicazgos continuaron hasta su desarticulación por las avanzadas militares de fines de la década del setenta del siglo XIX, cuando los ataques, avanzadas, batidas y persecuciones planeadas por Julio Argentino Roca y llevadas a cabo por sus segundos entre 1878 y 1879, sumado a brotes epidémicos de viruela (Racedo 1940 [1878]) desgastaron y devastaron a la totalidad de las parcialidades aborígenes del espacio pampeano. Estos grupos debieron huir, refugiarse, con escasos víveres y recursos. Sus formas de obtención de artefactos europeos (entre ellos el armamento) se vieron limitadas al extremo. Finalmente, sus principales caciques fueron muertos o encarcelados. Su autonomía política, su cohesión cultural y su forma de vida quedaron desarticuladas. Comenzó para ellos un nuevo estilo de vida. Fueron incorporados al estado-nación argentino como mano de obra, destinados a los cuerpos de línea castrenses, a la marina o a las fuerzas policiales; o fueron repartidos en casas de familia en calidad de servidumbre, destinados a colonias agrícolas o prisioneros en la Isla Martín García (Mases 1980).

En la región de estudio los asentamientos ranquelinos fueron escasos, Alicia Tapia en su exhaustivo estudio sobre los cacicazgos ranqueles (siglo XVIII y XIX), basándose en fuentes documentales, estudios ambientales, prospecciones y excavaciones arqueológicas, detectó gran cantidad de sitios ranquelinos en la provincia de La Pampa (Tapia 2012). Para el área que se trata en este artículo, esta investigadora destaca la existencia de diversos tipos de asentamientos cuyas posibles funciones estuvieron vinculados el establecimiento poblacional, con la preparación de *malones* (incursiones indígenas armadas a poblados o establecimientos rurales de frontera) cumpliendo así una función estratégica), la extracción de recursos, la comunicación (rastrilladas), entre otras (Figura 2a). Más específicamente para el lapso cronológico que comprende los años de 1881 a 1890, dicha autora basándose en su análisis de las fuentes documentales (escritas y cartográficas) estableció una relación entre los diversos tipos de asentamientos y los distintos tipos de rastrilladas (Figura 2b), Dichas referencias serán integradas en el análisis espacial del área de estudio, con el fin de tener un panorama de la dinámica espacial de este grupo étnico y poder percibir así sus cambios en la diacronía.

El Ejército nacional. Oficiales y tropas de línea

El proceso de construcción e imposición del aparato estatal-nacional no fue lineal, sino que atravesó diversas fases de negociación y enfrentamiento. La necesidad de un aparato represivo (militar-policial) propició la formación, organización y disciplinamiento de un ejército nacional. Esta institución debía garantizar el esquema de dominación y control social planteado por los constructores del nuevo estado-nación. Se constituyó en el brazo armado de la oligarquía terrateniente gobernante (Rouquié 1981). Los contingentes del nuevo ejército fueron reclutados tanto en Buenos Aires como en las distintas provincias pasando a engrosar las filas de la Nación, ya sea como tropa de línea o como guardias nacionales. Allí cumplirían un rol de importancia en el sometimiento de los distintos levantamientos montoneros, en la Guerra del Paraguay (1865-1870) y en el control de la línea de frontera con el indígena. Sin embargo, esta política generó los inconvenientes propios del reclutamiento, movilización y logística necesarios para mantener varios frentes de lucha abiertos, desguarneciéndose intermitentemente la frontera. Pese a esto, la línea de la Frontera del Sur (específicamente en Buenos Aires y Córdoba entre los años de 1864-1869 y 1876) se extendió hacia el Oeste y hacia el Sur, construyéndose nuevos fuertes y fortines, así como una zanja para guarnecerla (Figura 3).

Este ejército de línea fue el que llevó a cabo los últimos avances de la línea de frontera y sometió violentamente a las sociedades indígenas autónomas incorporándolas por la fuerza al estado-nación (Mases 1980). El mismo estuvo constituido por dos grupos diferentes: la oficialidad y la tropa. Esta división se basaba en un estricto orden jerárquico. La alta oficialidad estaba conformada por miembros de la elite político-económica de la Nación. Alan Rouquié (1981) le confiere el nombre de "*viejo Ejército*", caracterizando su oficialidad como constituida por el poder político. Los altos cargos solían ser alcanzados por los jóvenes de las familias tradicionales o de la ascendente burguesía. Generalmente, la carrera castrense no constituía una actividad permanente, los ingresantes desarrollaban su carrera con el objetivo de poder alcanzar más tarde algún rédito o logro político. En lo que respecta a la tropa -grupo mayoritario dentro de las organizaciones castrenses- su reclutamiento era generalmente forzado el grupo más numeroso fue el de los "destinados" llamados también "vagos y mal entretenidos": los gauchos sin patrones y los infractores condenados por la justicia (Buffa y Bulnes 1979; Gómez Romero 2005).

Durante la presidencia de Avellaneda (1874-1880), se destacaron dos planes estratégicos diferentes respecto de la ampliación de la frontera hasta el Río Negro. Cada uno fue desarrollado por las dos personas que ocuparon la cartera del Ministerio de Guerra y Marina: Adolfo Alsina (1874-1877) y Julio Argentino Roca (1878-1880), este último dio por finalizado en conflicto fronterizo con el aborigen en la región.

[4] El Partido Federal fue un partido que sostenía la necesidad de un sistema federal Provincias Unidas del Río de la Plata desde la segunda década del siglo XIX.

El plan Alsina consistió en: 1- ocupación de parajes de importancia estratégica para los indígenas (aguadas y pasturas permanentes como por ejemplo Carhué, Puán, Guaminí, Trenque-Lauquen e Italó); 2- uso de armamento de retrocarga[5], 3- tendido de líneas telegráficas; 4- Construcción de una nueva y extensa línea asentamientos militares; 5- intercambio de información con respecto a los aborígenes por parte de la tropa acantonada; 6- Construcción de una zanja conectora de los asentamientos militares (proyectados 600 km, excavados 400 km aproximadamente); y 7- expropiación a las sociedades indígenas de 2000 leguas (4.662.000 ha) de tierra cuya producción seria volcada a los mercados mundiales.

En cambio, el posterior plan Roca -de neto corte ofensivo- presentaba las siguientes características: 1- realización de una serie de ataques sorpresas a las tolderías en donde se mataba, saqueaba y se apresaba a los caciques, capitanejos y chusma; 2- expedición y ocupación del Río Negro por un ejército de 6000 efectivos divididos en 5 brigadas que salieron de distintos puntos y provincias del país; 3- eliminación total de la autonomía de las sociedades indígenas; 4- incorporación forzosa de indígenas al estado-nación, y 5- expropiación a las sociedades indígenas de 15.000 leguas de tierra (34.965.000 ha) cuya producción seria volcada a los mercados mundiales. Este plan fue llevado a cabo con pleno éxito, eliminando la frontera interna con los aborígenes y dando génesis a un nuevo mundo rural.

En cuanto a los trabajos arqueológicos vinculados a las ocupaciones militares llevados a cabo en el área de estudios, se detectó un segmento de la denominada Zanja de Alsina. En campañas futuras, contando con el apoyo de los estudios de espacialidad planteados, se buscará proyectar dicho segmento con el fin de poder realizar prospecciones que permitan hallar alguno de los tres fortines establecidos a la vera de esta prolongada trinchera: el fortín Alsina, Machado y Alvear (Figura 4).

Por otra parte, Julio Spota (2010) en su estudio sobre la distribución en el paisaje pampeano de indicadores culturales del proceso de ocupación y conquista militar del territorio aborigen- específicamente las campañas militares de 1878-1879- posicionó cartográficamente la serie de fortines y campamentos militares instalados por este Jefe, así como los enfrentamientos bélicos con grupos indígenas. Esta información resulta de utilidad a la hora de evaluar la potencialidad arqueológica de cada uno de ellos (Figura 5a y b), la misma será incorporada al análisis espacial del área de estudio y específicamente vinculada con la concepción y constitución de espacios de marginalidad y violencia por parte de los grupos sociales estudiados.

Nuevos pobladores rurales

La desaparición de la frontera, configuró un nuevo espacio de sociabilidad para las relaciones económicas, esas tierras habrían de experimentar novedosas relaciones ligadas a un régimen económico basado en: propiedad privada, producción y mercantilización agropecuaria, relaciones laborales, entre otras. Por ejemplo, un documento del Archivo de la Dirección General de Catastro de la provincia de La Pampa (Mensura de Joaquín Domínguez DGC 1882) da cuenta de la existencia de algunas isletas de monte habitados en el sector noreste de la provincia, para momentos inmediatamente posteriores a las campañas militares de la Conquista del Desierto. Estos habitantes anteceden a las relaciones sociales arquetípicas del mundo rural pampeano del principio del siglo XX y no aparecen representados en la historiografía local y nacional, otorgando a la Arqueología la capacidad de asignar voz a estos actores invisibles.

A posteriori de las campañas militares, se originó un proceso de especulación de las tierras anexionadas, las mismas fueron loteadas y repartidas en grandes extensiones entre los protagonistas y socios del plan militar. El acceso a dichas tierras quedó restringido a pocas manos y su ocupación efectiva en aras de su producción tardó más de una década en verse realizado. Paulatinamente, fueron tejiéndose nuevas relaciones en la región, que se orientaron hacia el modo de producción agropecuario, cuyo destino eran los mercados nacionales y mundiales. Por lo tanto, el paisaje se reconfiguró en términos de múltiples tipos de sitios productivos tales como las *estancias* y *colonias*; y aquellos relacionados o subsidiarios vinculados tanto al ámbito domestico y al de socialización: *pueblos rurales*, *puestos de los empleados* (capataces y peones), *galpones* y *depósitos*, *casas de negocios*, *almacenes* y *pulperías*; así como las vías de comunicación entre ellos (*caminos principales y secundarios y ferrocarril*).

El desarrollo del arrendamiento a principios del siglo XX permitió al estanciero optimizar las ganancias en cualquier ocasión: fijaba los cultivos y obligaba a los arrendatarios a comercializar con él (Scobbie 1968). En épocas de cosecha o siembra, se contrataba mano de obra temporaria denominada *golondrina* (Scobbie 1968). Así mismo, la venida de la crisis en 1929 habría dado por finalizada la etapa del arrendamiento. A partir de este momento, se pueden evidenciar numerosos desplazamientos hacia los centros urbanos y, desde 1930, desalojos masivos de arrendatarios a la vez que el despoblamiento de los campos.

[5] Estas armas se cargan por la parte trasera y su munición suele ser en forma de cartuchos metálicos, posibilitando una mayor velocidad de recarga y por ende un mayor poder de fuego.

Las diversas mensuras consultadas en la Dirección General de Tierras, Archivo de Mensuras, Oficina de Catastro de la Provincia de La Pampa (DGT-AM), permitieron detectar numerosos caminos -hoy inexistentes- que conectaban diversos establecimientos rurales (estancias, puestos y casas de negocios) conformando una red de relaciones previas al desarrollo del ferrocarril en el área de estudio (1910 ca.). El establecimiento ferroviario y sus estructuras asociadas también serán tenidos en cuenta, pues su desarrollo permitió la constitución de pueblos que, en su gran mayoría, configuran el mapa provincial actual, junto a un conjunto de obra de ingeniería civil que incidió sustancialmente en el paisaje.

La incorporación de dichos asentamientos y vías de circulación al análisis espacial del área, posibilitará apreciar hacia el final del periodo cronológico bajo estudio, los cambios acaecidos dentro de un nuevo orden y compararlos con momentos previos, proveyendo así una visión holística que diera cuenta de la compleja dinámica poblacional a lo largo de 60 años.

ENCUADRE TEÓRICO Y HERRAMIENTAS CONCEPTUALES

Con el fin de abordar la problemática planteada se aplicarán argumentaciones teóricas de los enfoques vinculados a la *Arqueología de la expansión del mundo moderno* (Orser 1996, 2007) y la *Arqueología del capitalismo* (Johnson 1996), dado que los procesos de expansión y eliminación de las fronteras internas con el aborigen se habrían vinculado con el desarrollo y la constitución del sistema capitalista a escala global. Por ello, es necesario también recurrir a conceptos propios de la Arqueología *del paisaje* (factores económicos, ideológicos, percepción del territorio, límites, determinación de discontinuidades...) y a toda una serie de contenidos sustantivados en la Teoría Social (por ejemplo: prácticas creativas, consumo, materialidad, dominación-resistencia…).

En lo relativo a lo espacial, se emplearán una serie de principios teóricos y un conjunto de herramientas metodológicas útiles en los procesos de captura, normalización y la gestión de geo-datos de diferente procedencia (arqueológicos, fuentes documentales, memoria oral). Todo ello orientado hacia la visualización de los múltiples y variados geo-procesos (Criado Boado 1999; Hodder y Orton 1990, Ingold 2000; Mehrer y Wescott 2006; Thomas 2001, entre otras propuestas) acontecidos en esos 60 años. Por otra parte, de la Teoría Social se aplica una visión de corte materialista donde el espacio es entendido a modo de un *objeto* socialmente producido (ligado a las esferas de la producción y el consumo) para la satisfacción de determinadas necesidades sociales en determinados contextos socio-históricos. En esta línea, destacamos las propuestas acerca de la producción social del espacio por parte de autores como Henry Lefebvre (1991) y J.E. Sánchez (1984, 1991). También, se adoptará la noción de "*prácticas sociales cotidianas*" definida por Michel de Certeau (1996), para quien tales prácticas son "*maneras de hacer*" o "*artes de hacer*" que forman repertorios colectivos y pueden reconocerse en los modos de habitar, de desplazarse en el espacio, designar lugares, cocinar, etc.

Sin duda, los grupos sociales generan, se apropian y usan diferencialmente tanto la cultura material como del espacio en que habitan y por ende, cada uno de ellos construirá y experimentará espacios socialmente diferenciables y aprendidos según su propio devenir histórico, su experiencia y sus necesidades. Teniendo en cuenta el conocimiento previo del área de estudio y los conceptos teórico-metodológicos a implementar, se proponen los siguientes postulados:

a. Dada la fuerte presión del avance militar entre 1870 y 1879 -cuando se desarrolló la "*Conquista del desierto*"- en el sector del territorio ranquelino ubicado en el nordeste de La Pampa, se habría generado una disminución importante en el número de tolderías y por ende, la circulación y uso del espacio *tendió a ser* más restringida (movilización de asentamientos hacia el oeste y perdida de acceso a los recursos: manantiales de agua, combustible y material lítico). El abandono de *unos* y la ocupación por parte de *otros* reflejó una nueva articulación del espacio, en donde diversos tipos de entidades y vías de circulación fueron unificadas con el fin de mantener un control militar efectivo del espacio conquistado y una forma de comunicación dinámica.

b. A partir de 1885, una vez "pacificada" la región y sin necesidad de un modelo de gestión territorial de frontera, el acomodo y estabilización de los distintos segmentos sociales (colonos, arrendatarios, comerciantes, estancieros, etc.) produjo en poco tiempo un marcado impacto en el territorio.

Todo esto implicó un modelo donde el plan de ocupación del territorio indígena desarrollado por el estado-nación habría generado estrategias de uso del espacio vinculadas al trazado de la frontera y su control efectivo (espacios protegidos mediante foseados y elevados asociados a recursos, así como distancias estandarizadas entre fortines). Por consiguiente, el uso de esta nueva dinámica espacial aprovecharía un conocimiento preexistente que dejaría poca mella/modificación en el ambiente, dado que habrían continuado utilizando las vías de circulación y jagüeles indígenas preexistentes. En una segunda fase (estabilización), se produjo un cambio radical en la percepción y uso del paisaje dado que se priorizó la explotación agrícola-ganadera intensiva en parcelas reducidas, la comunicación más eficiente entre contexto rural y los centros productivos regionales y nacionales (caminos rurales y ferrocarril) y la diversificación funcional de los asentamientos (por ejemplo: postas, puestos, pulperías y casas de negocios, pueblos rurales, etc.). Todo esto generó un

modelo de organización espacial -en términos de eficiencia productiva- que permitía de manera eficaz, enlazar la región con el mercado capitalista mundial, asentando la diferencia (y polaridad) de clases.

Así, toda esta secuencia de cambios partió desde el expolio de los territorios a las comunidades indígenas *en pos de* un nuevo modelo de colonización agraria auspiciada por unas leyes que incentivaban el régimen de propiedad privada de grandes cantidades de tierra, y que supuestamente garantizaba el acceso del soldado y del campesino. Sin embargo, esas intenciones se difuminaron y el proceso quedó *de facto* en una estructura de especulación inmobiliaria claramente orientada hacia un modelo de propiedad en términos del latifundio, en manos de las clases oligarcas del país. Un modelo encauzado por relaciones sociales disimétricas y propias de un modo particular de producción y explotación: el capitalismo, el cual desplegó todos sus argumentos y herramientas geográficas para desestructurar las formas que aún quedaban tras la "*Conquista del desierto*" y construyendo nuevas relaciones que configuran espacios acordes a las necesidades de esa oligarquía terrateniente.

Por todo ello, no sólo se realizará una visualización del cambio (en clave espacial) desde lo indígena hacia la nueva sociedad rural impulsada por un tipo de ideario de estado-nación; sino que además, se constatará una continuidad del proceso de acumulación de la oligarquía para satisfacer sus intereses de clase en ese esquema de redistribución de materias primas en el que se integró la Argentina de principios del siglo XX.

PROPUESTAS A FUTURO Para la Compresión de una Fenomenología Multicausal y Compleja

En esta sección final del artículo, pretendemos mostrar cómo vamos a observar, cuantificar e interpretar la dinámica de cambios acontecidos en la región de estudio. En esencia, queremos conocer cómo el espacio fue modificado y qué tipo de implicaciones -sociales y naturales- se pueden asociar a aquella intensa dinámica que abarcó poco más de medio siglo, pero que transformó radicalmente el paisaje, siendo un periodo clave en la definición de la organización territorial actual en esa parte del país.

Para ello, proponemos tres apartados: nociones metodológicas, donde exponemos cuestiones técnicas acerca de cómo abordar los datos y la información existente. En segundo lugar, trataremos con cuestiones relacionadas en la construcción de conocimiento acerca de un proceso tan complejo y multiforme que derivó en una organización espacial singular, la cual entronca con el estado actual de la dinámica agropecuaria argentina. Por último, exponemos una serie de conclusiones acerca de cómo construir la interpretación según fuentes tan variadas acerca de un proceso complejo y altamente dinámico que llega e incide directamente sobre la configuración actual de la ruralidad en ese sector del país.

Desde la Metodología…

Para alcanzar los objetivos planteados y contrastar hipótesis, se ha de desarrollar todo un corpus metodológico que permita establecer parámetros en la interpretación de este proceso histórico -y sus evidencias espaciales- que hasta ahora no habían sido tenidos en cuenta, ya que lo interpretado de esta fenomenología había sido abordado por un determinado colectivo, constituyendo un discurso hegemónico, que supone una perspectiva parcial.

Esto demuestra que fue/es un discurso con carencia de actores, en una clara ausencia/invisibilidad de los colectivos más débiles (indígenas, soldados y algunos tipos de proletarios rurales) de este proceso, los cuales no pudieron transmitir su historia, de la que sólo se puede acceder desde la parcialidad del registro arqueológico y mediante algunos otros soportes (memoria oral, aspectos folclóricos, breves trazas en documentación escrita…)

La estrategia que se propone es desarrollar todo un conjunto de implementaciones típicas en la actividad arqueológica, pero siendo conscientes y cuidadosos sobre toda una serie de particularidades relacionadas con la complejidad inherente del conjunto extenso de fenómenos sociales que convergen en un lapso de 60 años, donde la multicausalidad de la fenomenología y la sucesión/superposición de las consecuencias materiales de múltiples acciones, pueden enmascarar y -en numerosas ocasiones- eliminar todo un conjunto de evidencias que deberían visualizarse total o parcialmente, ya que fueron parte de la transformación de los espacios socialmente producidos (Sánchez 1991). Por todo ello, se diseñan una serie de estrategias y se generan contenidos útiles para abordar con cierto grado de solvencia esas contradicciones: **Actividades de campo**: 1- Prospectar y realizar excavaciones en sitios indígenas ubicados cartográficamente por los agrimensores nacionales (1881-1885) y el trabajo de Alicia Tapia (2012), por ejemplo: Carriló, Vutatraquén, Puel Lauquén, El Recado, Pichingueló (Departamentos Rancul y Maracó); 2- Realizar prospecciones y excavaciones en los asentamientos militares "Fortín Machado" y "Fortín Alsina" ubicados en el extremo norte de la franja denominada Zanja de Alsina (Figura 5) (Departamento Chapaleufú). 3- Continuar con la recolección sistemática de materiales arqueológicos mediante transectas, utilización de detectores de metal, sondeos estratigráficos y uso de medios no intrusivos (georadar) en los sitios "Puesto San Eduardo", "Posta El Caldén" que funcionaron como *posta de caminos* y *casa de negocios* desde fines del siglo XIX (Departamento Realicó) y "Mariano Miró" *pueblo rural* (Departamento Chapaleufú); 4- Prospectar

diversos asentamientos ubicados en las agrimensuras históricas (casas de negocios, taperas, puestos rurales, etc.); y 5- Realización de encuestas y entrevistas semi-estructuradas y abiertas a pobladores locales, conocedores del territorio y de las tradiciones e historias (dentro de un rango de edad desde los 70 años en adelante).

Teniendo en cuenta tanto el tipo de enfoque arqueológico-histórico y el tratamiento de la variabilidad espacial planteada, se proponen una serie de acciones vinculadas a la arqueología en términos de **Actividades de gabinete** a desarrollar según los objetivos específicos: 1- Georreferenciar en cartografía temática mediante plataforma SIG y analizar la distribución espacial de determinadas trazas culturales: áreas habitacionales de los diferentes grupos sociales (tolderías, fortines, diversos tipos de asentamientos rurales), rastrilladas y caminos militares y rurales, vías férreas; zonas de conflicto interétnico (campos de batalla, puestos de avanzada militares, sitios de aprisionamiento de indígenas); regiones de desmontes; y ambientales (lagunas estables y estacionales, áreas de monte, zonas de médanos). Para ello, se pretende normalizar toda la información susceptible de albergar contenido espacial en una ajustada geodatabase, que permite ser encuestada y construir diferentes modelos espaciales desde cualquier plataforma SIG. Esto posibilitará la generación de un entorno multicapa con diferentes niveles de información donde se pretende analizar contenidos (análisis espacial) y cruzar datos para obtener nuevos niveles de información mediante las operaciones clásicas del SIG (reclasificación de variables, fusión de objetos, de capas,…).

Para cada uno de los grupos sociales mencionados se distinguen los siguientes procedimientos:

Indígenas- Relevar cartográficamente y analizar la distribución espacial de los diferentes asentamientos ranquelinos (tolderías, sitios de aprovisionamiento de recursos…), las rastrilladas y los múltiples aspectos ambientales teniendo en cuenta los estudios arqueológicos previos realizados en el área de estudio (Tapia 2008, 2011, 2012, 2013), el registro catastral que efectuaron los primeros agrimensores nacionales entre 1881 y 1885 (DGT-AM: Dirección General de Tierras, Archivo de Mensuras, Oficina de Catastro de la Provincia de La Pampa) y otras fuentes documentales (Mansilla 1948, Racedo 1940 [1879], entre otras mencionadas adelante).

Militares- Ubicación cartográfica y análisis de la distribución espacial de los diferentes tipos de instalaciones militares (sitios de pernocta, campamentos, fortines y campos de batalla) emplazados en el sector nordeste de La Pampa y mediante la prospección y realización de sondeos, determinar la potencialidad arqueológica y las características de los hallazgos de los sitios "Fortín Machado" y "Fortín Alsina" ubicados en el extremo norte de la franja de Alsina (Departamento Chapaleufú). A través de el registro catastral hecho por Domínguez (1881 y 1885) (DGT-AM: Dirección General de Tierras, Archivo de Mensuras, Oficina de Catastro de la Provincia de La Pampa), otras fuentes documentales (Mansilla 1948, Racedo 1940 [1879] y el trabajo de Julio Spota (2010).

Pobladores locales- Identificar cartográficamente la distribución de las primeras instalaciones rurales en el área de estudio y analizar su funcionalidad. En concreto, desde esta perspectiva arqueológica se tendrán en cuenta como casos de estudio particular los siguientes tipos de sitios: a- "Posta El Caldén" (Departamento Realicó); b- "San Eduardo" (Departamento Trenel); c- "Mariano Miró" (Departamento Chapaleufú) y "La Estrella" (Departamento de Rancul), por medio de los trabajos arqueológicos realizados en el área (arriba mencionados) y las agrimensuras relevadas en la Dirección General de Tierras, Archivo de Mensuras, Oficina de Catastro de la Provincia de La Pampa).

Una vez digitalizados todos esos geo-datos, se llevarán a cabo un conjunto de rutinas de descripción y caracterización espacial mediante SIG desde las cuales se relacionan diferentes coberturas temáticas (por ejemplo: hídricas, geomorfológicas, toponímicas, fitogeográficas, de derroteros de rastrilladas indígenas y antiguos caminos rurales, ubicación de sitios arqueológicos, zonas vacías/carentes de información…).

Tras la elaboración de ese documento donde se encuentran georeferenciados en formato digital y multicapa un volumen considerable de información espacial, temática y arqueológica, se propone continuar con el **registro y análisis de fuentes documentales** editadas e inéditas, como son: *(i)* Partes militares e informes de campaña (Mancilla 1948 [1870], Racedo 1940 [1879], Olascoaga 1974 [1880], Pechmann 1980 [1938], Servicio Histórico del Ejército); *(ii)* Agrimensuras efectuadas a fines del siglo XIX y sucesiones de los campos en donde se encuentran registrados los diferentes tipos de asentamientos y vías de circulación (DGT-AM: Dirección General de Tierras, Archivo de Mensuras, Oficina de Catastro de la Provincia de La Pampa); *(iii)* Listas de almacenes de *ramos generales* (Archivo Histórico de La Pampa), fotografías de asentamientos militares (Colección Antonio Pozzo y Encina y Moreno del Museo Roca y el Archivo General de la Nación), registro de viviendas rurales, siembras y cosechas, publicidades de maquinarias y artefactos de metal (Archivo General de la Nación, Archivo Histórico de Provincia de La Pampa), entre otros. La información obtenida constituirá un aporte sustancial, que nos permitirá apreciar en la diacronía las diversas y múltiples prácticas sociales que contribuyeron, o no, al desarrollo de construcciones y concepciones diferenciales en relación al paisaje por parte de los grupos sociales que lo habitaron.

La información documental generada en esta fase, será integrada al SIG, el cual ya estará en marcha con los contenidos procedentes de las actividades de campo y gabinete. Todo ello configurará una gran base de datos e información georeferenciada desde la cual se podrá realizar consultas específicas (por ejemplo: representación de entidades adscritas al momento *t* cuya función se relaciona a la realización de *x* conjunto de actividades + representación de caminos+ suelo agrícola vs monte,…). También, se podrán proponer modelos de condiciones sociales y ecológicas para simular contextos que permitan aproximarnos a potenciales escenarios en los que se desarrollaron los procesos de cambio en el *paisaje pampeano.* Con todo esto, se pretende dar respuesta a cuestiones del tipo:

- ¿Cómo se (re)estructuró el paisaje bajo el impulso de las acciones de unos nuevos agentes tan dinámicos?
- Entender aquel proceso sintetizado desde perspectiva SIG espacial y temporal, en relación a su utilidad para el procedimiento arqueológico, modelos de predicción de yacimientos, simulación de condiciones,…
- ¿Cuál es el grado de calidad que aporta la arqueología acerca del fenómeno de cambio social -y su expresión en el paisaje- en la región objeto de estudio?...

Plantear y resolver estas y otras preguntas es esencial a la hora de conocer nuestro objeto de estudio (determinar y caracterizar el proceso de ocupación del espacio en el NW de la Pampa entre 1870-1930) y nos permitirán ir más allá de una extensa colección de *geodatos* ordenados y categorizados bajo determinadas etiquetas nominales, que sólo aporten una descripción cuantitativa sobre un conjunto de variables. En otros términos, cuando -por ejemplo- nos referimos a la categoría nominal: "*asentamiento militar*" lo que realmente nos interesa no es geolocalizar fortines en una supuesta línea y cuantificar cosas del tipo: distancia media entre sitios, medir supuestas eficiencias/relaciones en términos de visibilidad, distancias a otras entidades naturales o antrópicas,… Si no, lo que realmente pretendemos es: *entender las implicaciones del porqué se ubicaron en ese preciso emplazamiento y en ese determinado momento* (incluso contemplar el error o el azar como casuística) y el *alcance/impacto* que provocaron sobre el conjunto de entidades próximas a él.

Conseguir determinar *cómo* y *para qué* una entidad/conjunto de entidades influyó sobre otras en sus proximidades, es el objeto concreto de conocimiento que queremos alcanzar en este proyecto. Y sin duda, poder alcanzar este objetivo implica ir más allá de los valores métricos (como son las operaciones en SIG denominadas: buffers, isócronas, caminos óptimos,…), y/ o de la representación en un mapa temático de una nube de puntos acerca de una/varias categorías nominales realizada desde cualquier sistema de información geográfica. Por ello, será necesario aplicar (y desarrollar) una metodología ajustada, pero que por sí misma -por muy sofisticada que sea dicha metodología- no resolverá el problema. Obviamente, necesitamos diseñar un protocolo y una serie de procedimientos metodológicos eficientes para poder alcanzar resultados válidos y con significancia empírica. Si queremos hacer una interpretación acerca de las causas que incidieron en la dinámica de cambios en aquel paisaje, lógicamente debemos trabajar con parámetros espaciales en términos de topología e índices métricos, con los cuales caracterizamos la variabilidad espacial en términos de relaciones y distancias, convirtiendo las apreciaciones del mundo natural y cognitivo en aspectos lógico-formales.

Por todo ello, es necesario utilizar un conjunto de herramientas como: medios de captura gestionados desde topografía automática, teledetección (imagines satelitales multiespectral, fotos aéreas,…), medios no intrusivos (georadar, XRFp…), gestores de datos y medios analíticos espacio-temporales (SIG, red neuronal, algoritmos genéticos…) y nuevos entorno de visualización analítica (un ejemplo de cómo visualizar diferentes contenidos en http://infosthetics.com/) acerca de determinados aspectos que pueden apreciarse en la variabilidad del registro arqueológico a diferentes escalas. Ahora bien, toda esta metodología debe orientarse hacia la generación de conocimiento útil en términos de la significancia del registro arqueológico para percibir y caracterizar las múltiples dinámicas espaciales que tuvieron lugar -y tiempo- por parte de múltiples y diferentes grupos sociales en este sector de la Pampa. En esencia, entender las implicaciones inherentes a la dinámica de frontera es abordar una fenomenología compleja y dinámica donde un conjunto extenso de configuraciones entraron en contradicción (Maximiano 2006). En concreto, en el escenario de frontera y su posterior estabilidad/pacificación de la Pampa de finales del siglo XIX y principios del XX, surgió un escenario específico: el mundo rural vinculado a la producción agro-pecuaria para el mercado nacional y mundial orientado hacia un tipo de producciones que acabó siendo controlado por la elite terrateniente; sobre la cual –y con diversos matices- se cimentó el modelo actual económico preponderante en Argentina.

4.2… Hacia el Conocimiento de la relaciones sociales en el espacio y la construcción de un nuevo paisaje…

Según lo anterior, los procesos sociales que se desarrollaron durante 60 años modificaron completamente los *modos de vida* y las poblaciones que habitaban aquellos territorios, lo que acabo precipitando una nueva configuración espacial: el *paisaje* agrícola-ganadero de la Argentina en el siglo XX. Aquél fue el resultado de un conjunto extenso de nuevas prácticas económicas y de relaciones entre individuos y colectividades entre sí y con el medio ambiente, lo cual llegó a incidir tanto a escala local, como incluso en la esfera internacional (en términos del modelo conocido como: "*Argentina, el granero del Mundo*").

Estas nuevas configuraciones del espacio fueron la extinción de la autonomía de *unos* (antiguas poblaciones indígenas y nuevos sustratos de pequeño/mediano campesino y comercio a pequeña/media escala asociado a ese campesinado) y el auge de *otros* (constitución de relaciones de producción capitalistas regidas por la elite terrateniente vinculada al mundo agropecuario). En el devenir de este proceso histórico, la arqueología puede aportar un complemento significativo a la hora de entender determinados aspectos de dicho proceso. Para ello, es necesario diseñar un entorno de investigación que -apoyado en nuevas tecnologías geomáticas- permita dar un salto cualitativo en términos de generación de conocimiento e interpretación de la fenomenología objeto de estudio desde una percepción de la secuencias de cambios acontecidas en el *paisaje*.

Por consiguiente, es fundamental plantear *qué* queremos visualizar/interpretar desde el registro arqueológico y su relación con otras fuentes de datos significativas; y *cuál* es el valor empírico de las muestras con las que trabajamos, lo que es lo mismo: ¿*qué* puedo resolver con este conocimiento? y ¿*cuál* es la significancia estadística del mismo en relación a la fenomenología investigada?

Veamos un ejemplo desde un caso de estudio concreto (Tapia y Durssart 2013) en el que se elabora de un mapa de distribución que caracteriza una posible correlación entre variables áreas fitogeográficas de la provincia de La Pampa y la ubicación y distribución de diversos tipos de asentamientos ranquelinos (tolderías y sitios de aprovisionamiento de recursos naturales tales como agua, forraje, roca y/o sales). En dicha correlación se observa un punto de partida para realizar una revisión -siempre yendo más allá de categorías nominales- que identifica la expresión material de determinados comportamientos sociales junto a su configuración en el espacio. Así, la correlación de variables aportan una aproximación a una parte de la estructura espacial acerca de diversas prácticas sociales por parte de la comunidades indígenas ranquelinas en relación al *caldenar pampeano*, su distribución y sus implicaciones en términos de uso por poblaciones indígenas y quizás lo más significativo: cómo pudieron responder estas comunidades ante la deforestación de esta cobertura vegetal para el uso de material edilicio, combustible y creación de nuevas áreas agrícolas y/o forrajeras de uso para los nuevos pobladores.

Si enfocamos el proceso de investigación desde esta perspectiva, podremos conocer determinadas prácticas y consecuencias sociales que se encuentran fosilizadas en el paisaje, como: detección y caracterización de espacios de *marginalidad* (por ejemplo: tolderías emplazándose en sectores que no eran los comúnmente usados para el modo de vida indígena), *conductas subversivas* (por ejemplo: presencia de asentamientos y caminos rurales en tierras privadas, documentación escrita vinculada a acontecimientos de conflicto: crónicas policiales y memoria oral -folklore- acerca de relatos sobre escaramuzas en pulperías, bandidos rurales, etc.)…

Desde esa perspectiva podremos mapear algo más que puntos sobre una capa temática, ya que este enfoque posibilitaría generar la expresión espacial del fenómeno desde múltiples **ángulos**: el auge y difusión del modelo capitalista (creación de nuevos pueblos, nuevo sistema de trazado de caminos, aparición del ferrocarril,…), visualizar estrategias de dominación-resistencia, prácticas creativas vinculadas al consumo de artefactos y al habitar el espacio, procesos de extinción del mundo fronterizo (abandono de sitios indígenas y militares), concentración de ingentes cantidades de tierra en pocas manos (desarrollo y abandono de pueblos rurales, asentamientos de colonos y redes viales, auge de establecimientos estancieros, etc.).

Para lograr estos objetivos, es necesario pensar más allá de la *nube de puntos* de categorías nominales (por ejemplo: *fortín*, *toldería*, *rancho*, *estancia*,…). Por ello, se plantea formular una tipología funcional que no sea restrictiva ni excluyente, acerca de las múltiples entidades materiales que participaron en la configuración del paisaje. Desde aquí, se diseñará un análisis exploratorio mediante diferentes series analíticas descriptivas uni y multivariante (metodología al uso dentro del análisis espacial: análisis de patrones de puntos, medida de autocorrelación de cada uno de los eventos, cálculos de regresión espacial…). Tras la descripción de la variabilidad espacial de las componentes de esa tipología funcional, se procederá al estudio de las posibles correlaciones entre los múltiples procesos acontecidos sobre el territorio -se va mas allá de la mera correspondencia entre puntos de diferentes categorías nominales- (por ejemplo: tala de bosques, introducción de ganado, creación de asentamientos de colonos, nuevas redes de caminos, legislación que posibilitó determinadas prácticas económicas como el fomento del latifundio y censuró otras, como la presencia de pequeño campesinado…)

Es muy probable que toda esta fenomenología se encuentre espacialmente distribuida de manera ajena a la aleatoriedad espacial, con lo cual sería lógico reconocer y caracterizar patrones espacio-temporales de acontecimientos y recurrencias (en clave de atracción/repulsión espacial sobre determinado conjunto de localizaciones) como elementos vertebradores en la construcción/gestión (social) del espacio.

Por tanto, desde la arqueología, se puede establecer un discurso empírico y con determinados grados de significancia estocástica en las interpretaciones del uso y producción del espacio. El factor principal de esa interpretación, una vez superada la concepción de *nube de puntos*, ser**á** una argumentación en clave espacial acerca de la dinámica de *atracción/*

repulsión de acciones sobre determinados conjuntos de localizaciones, lo cual es el motor de cambio/mantenimiento en la configuración espacial de un territorio. Esto es lo que posibilita la conformación y el uso de los diferentes paisajes que satisfacen las necesidades de los múltiples agentes sociales. Sin duda, conocemos el resultado final de toda esta fenomenología orientada a imponer un tipo de configuración/orden espacial, el cual –junto a otros factores externos- fue el causante de la actual configuración del mundo rural argentino.

…Para la Compresión de una Fenomenología compleja: A modo de conclusión

El cambio en la percepción y el uso del espacio en este sector pampeano fue algo tan intenso que ha dejado trazas significativas -muchas de ellas casi imperceptibles-. No obstante, en algunos casos contamos con un relativo fácil acceso desde la parcialidad del registro arqueológico, desde el cual puede detectar una serie de pautas en torno a la dinámica espacial. Pero es evidente que la reconstrucción e interpretación de este *paisaje* sólo desde la evidencia arqueológica es algo limitado y en ocasiones excluyente. Con lo cual, la concurrencia entre arqueología, otras disciplinas y un variado conjunto de fuentes aportarán un conocimiento más ajustado y enriquecedor acerca de la fenomenología objeto de estudio.

El desafío radica en ajustar todos esos datos e informaciones variadas bajo una misma configuración, la cual posibilite construir conocimiento útil acerca del proceso de cambios acontecidos en el espacio. De tal modo que se pueda plantear el problema desde una óptica diferente en términos de formular y contrastar hipótesis acerca de cómo los diferentes grupos sociales interactuaban entre sí y con el entorno, generando nuevas relaciones que configuraron aquel *paisaje*. Pero, el reto al poder disponer de una información tan rica y diversa estriba en establecer convergencias en términos de cómo podríamos reconstruir el *paisaje* desde un conjunto de datos tan dispares como pueden ser: fuentes documentales que se han conservado en archivos nacionales, provinciales y locales (cartografía histórica, títulos de propiedad, relatos de viajero, etc.), sitios arqueológicos (por ejemplo *toldería*, *fortín*,.. y sus evidencias materiales: fragmentos vítreos, arqueofauna, restos de metal pertenecientes a pertrecho militar,…), porciones de terreno a los que se les etiqueta bajo determinada categoría (por ejemplo: lotes de parcelación agraria, campos de batalla, rastrilladas, vía férrea, zona boscosa, extensión agrícola, cementerios…).

Todas esas evidencias fueron parte de un conjunto sistémico amplio que articuló el espacio en un determinado momento, y al cual podemos acceder desde una caracterización de ese *paisaje* como el resultado de un conjunto extenso (pero abarcable) de variables que oscilan según qué tipo e intensidad de las circunstancias estén vigentes. Para conseguir esto, es necesario diseñar una visualización de modelos y simulaciones que posibiliten aproximarnos a aquel *paisaje* en término de sus variables funcionales (enunciado más arriba). Un ejemplo de esto son los modelos climatológicos, donde la dinámica climática tanto en las reconstrucciones del pasado como en las predicciones a futuro constituye un agregado de variables donde cada una de ellas se define mediante una función. Al poder visualizar cómo cada función oscila en sus rangos y adquiere una determinada forma, nos permite establecer una interpretación acerca del fenómeno global denominado: Clima. Para trasladar ese argumento al caso que nos ocupa es necesario lograr una visualización interactiva de datos y una caracterización y correlación de los mismos bajo diferentes funciones que posibilite definir una determinada práctica social (o conjunto de prácticas) y su potencial plasmación -en términos de sus efectos materiales- en el espacio, por ejemplo: en la *dinámica de la frontera,* implicaría una mayor presencia de fuerzas militares en unos sectores concretos mediante la edificación de diferentes tipos de asentamientos (campamento, fortín, fuerte,…), aportes de productos necesarios para el ejercicio y mantenimiento de la coerción -desde normativas excepcionales vinculadas a la organización castrense del territorio, hasta envíos masivos de determinadas provisiones- y la obtención de recursos locales para garantizar la defensa efectiva del territorio, que dejó una impronta tanto en lo material (sitios arqueológicos) como en lo documental (archivos), en la tradición y el folklore local (relatos y festejos) y en la fisonomía del paisaje (desecado de lagunas, desmontes del cardel). Otros ejemplos que dejaron su impronta en el *paisaje* y que pueden ser visualizados espacio-temporalmente mediante fuentes arqueológicas y escritas, se asocian a los procesos de extinción sobre determinados modos de vida, como fue la marginalidad a la que se vieron sometidos los pueblos indígenas, expresada en términos de el abandono forzado de sus asentamientos, emplazamiento en nuevos territorios ignotos y carentes de los recursos comúnmente empleados por estas colectividades, el abandono de ciertas prácticas (aprovisionamiento) y determinadas tradiciones. Todo ello como consecuencia del repentino cambio y limitaciones al reasentarse en dichas "marginalidades" y que se convirtió en mano de obra para las estancias o en soldadesca para las campañas de la Patagonia. Otro ejemplo paradigmático y espacialmente visible de este fenómeno fue el paulatino avance del régimen latifundista (relacionado con el abandono de colonias agrícolas y el sistema arrendatario, desaparición de un tipo de pequeño campesinado que trabajó tierras cuyos dueños en ocasiones tardaron décadas ocupar y el auge paulatino de jornaleros sin tierra,…). Por supuesto que toda esta dinámica de cambios se hizo visible en toda una serie de cambios ecológicos (disminución de zonas boscosas, desecado de lagunas, incorporación de especies alóctonas y perdida de variabilidad en especies salvajes debido a la incorporación de cultivos y al asentamiento masivo de ganado…), lo que indica un conjunto elevado de factores que cambiaron notablemente la fisonomía de esta región de la Pampa.

Todo lo expuesto fueron efectos de los procesos inducidos para producir y reproducir una nueva configuración espacial, la cual servía para satisfacer las necesidades de determinados colectivos, que convivieron y participaron de diferentes tipos de conflictos, lo cual desembocó en el paisaje pampeano actual. Mapear dicho proceso es una tarea mucho más compleja que la que pueda ser generar en un SIG con múltiples capas en las que introducir conjuntos de puntos en x,y,z,t; acerca de unas categorías nominales, visualizando una parcialidad estática de lo que fue una fenomenología dinámica y compleja.

El período de estudio abarcado puede entenderse como un interesante laboratorio social, pues en un breve lapso temporal se sucedieron e interrelacionaron diversos procesos históricos constituyentes en la configuración, no sólo del espacio rural pampeano, sino también de la nación Argentina y su rol en la geopolítica global. Consideramos que trascender la mera instancia metodológica permitirá acercarnos a una mayor y enriquecedora comprensión en torno a la dinámica socio-espacial del área de estudio y su interrelación con otras escalas temporales y espaciales: regiones aledañas, nación y mundo. Entender cómo se llegó a la situación actual, cómo emergen nuevos paisajes sociales, nuevos "mundos" con sus múltiples relaciones sociales inherentes, puede generar un abanico interesante de preguntas de investigación y expectativas útiles para aquellos que tengan la curiosidad de comprender no únicamente el devenir histórico regional sino también la de establecer diferencias y similitudes con la configuración actual de espacio rural del norte pampeano y la concepción que sus habitantes poseen del mismo.

AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos agradecer a los diversos proyectos UBACyT en los que se enmarcaron los trabajos arqueológicos llevados a cabo en el área de investigación. Extendemos este agradecimiento a la Dra. Alicia H. Tapia y a su equipo de investigación.

REFERENCIAS CITADAS

AGN. Archivo General de La Nación. Buenos Aires. Argentina.

AHLP. Archivo histórico de La Pampa.

Berón, M. y R. Curtoni. 1999. *Atlas arqueológico de la Provincia de La Pampa.* Serie monográfica vol. 2. INCUAPA. M. Beron y R. Curtoni editores. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Barsky O. y J. Djendedjian. 2003. *Historia del capitalismo agrario pampeano.* Tomo I. Siglo XXI. Buenos Aires.

Buffa y Bulnes. 1979. Aspectos de la frontera. *Congreso Nacional de historia sobre la conquista del desierto*, tomo I. Buenos Aires. Academia Nacional de la Historia.

Cazenave, W. 1993. *Campo pampeano. Una contribución al conocimiento de su historia. Desde sus orígenes hasta 1914*. Fondo Editorial Pampeano. Santa Rosa.

Colombato, J. A. 1995. La quimera del trigo. *Trillar era una fiesta. Poblamiento y puesta en producción de La Pampa territoriana.* Tomo I. Instituto de Historia Regional. Facultad de Ciencias Humanas. Universidad Nacional de La Pampa. Santa Rosa.

Criado Boado, F. 1999. *Del Terreno al Espacio: Planteamientos y Perspectivas para la Arqueología del Paisaje*. Grupo de Investigación de Arqueología del Paisaje. Universida de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela.

Crivelli Montero, E. 1994. Araucanos en las Pampas. *Todo es Historia.* Nº 323:8-32. Buenos Aires.

De Certeau, M. 1996. *La invención de lo cotidiano*. Universidad Iberoamericana. México.

Delich, F. J. 1972. Estructura agraria y tipos de organización y acción campesina. *Argentina conflictiva. Seis estudios sobre problemas sociales argentinos*. Paidos. Buenos Aires.

DGT-AM. Dirección General de Tierras, Archivo de Mensuras de La Pampa. Catastro de la Pcia. de La Pampa.

Djenderedjian, J. 2008. *Gringos en las pampas. Inmigrantes y colonos en el campo argentino.* Sudamericana. Buenos Aires.

Fernández, Jorge. 1998. *Historia de los indios ranqueles. Orígenes, elevación y caída del cacicazgo ranquelino en la Pampa central (siglos XVIII y XIX)*. INALP. Secretaria de Cultura de la Nación. Buenos Aires, Argentina.

Gómez Romero, F. 2005. Fortines del *desierto* como enclaves de poder en las pampas Argentinas. *América Latina Historia y Sociedad.* Laura Mamelli (Ed.). Universidad Autónoma de Barcelona, España (en prensa).

Hodder, I. y O. Clive. 1990. *Análisis espacial en Arqueología*. Editorial crítica. Barcelona.

Information aesthetics. Acceso en Abril de 2014. http://infosthetics.com/

Johnson, M. 1996. An Archaeology of capitalism. Blackwell Publish, Oxford.

Ingold, T. 2000. *The Perception of Environment. Essays on Livelihood, Dwelling and Skill*. Routledge. London and New York.

Laclau, E. 1975. Modos de producción, sistemas económicos y población excedente. Aproximación histórica a los casos argentino y chileno". *El régimen oligárquico. Materiales para el estudio de la realidad argentina (hasta 1930)*.M. Jiménez Zapiola y E. Laclau compiladores. Amorrortu. Buenos Aires.

Landa, C. 2010. *Los materiales de metal como indicadores de identidad y diferenciación social en la Frontera del sur (1776-1885)*. Tesis de Doctorado en Arqueología. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

Landa C., V. Pineau, E. Montanari, N. Ciarlo y D. Chiecchio. 2010. Arqueología de los primeros colonos en el norte de La Pampa. Puesto San Eduardo, Dto. de Trenel (fines del siglo XIX y principios del XX). *V Congreso de Arqueología de la Región Pampeana Argentina*. *Mamul Mapu: Pasado y presente desde la Arqueología Pampeana.* (Berón, M, L. Luna, M. Bonomo, C. Montalvo, C. Aranda y M. Carrera Aizpitarte, eds.). Libros del Espinillo. Ayacucho. pp. 453-463.

Landa C., V. Pineau, E. Montanari y J. Doval. 2012. Mariano Miró: Memoria y experiencias de poblamiento fallidas (norte de La Pampa, inicios del siglo XIX). Simposio Nacional e Internacional de Arqueología Histórica. Teoría y Práctica de la Arqueología Histórica Latinoamericana. Centro de Estudios de Arqueología Histórica, Facultad de Humanidades y Arte, 22 y 23 de Agosto, Rosario.

Lefebvre, H. 1991. *The Production of Space.* Blackwell. Oxford.

Mansilla, L. 1948. *Una excursión a los indios Ranqueles.* Thor. Buenos Aires.

Mases, E. 1980. La incorporación de los indios reducidos. *Congreso Nacional de Historia sobre la conquista del desierto*. Tomo III. Pp. 169. Academia Nacional de la Historia. Buenos Aires.

Maximiano, Castillejo A (2006): Desde las fronteras hacia los espacios fronterizos: Una reflexión para la Arqueología en base a la producción social del espacio. Actas del 3º Congreso Internacional sobre Fortificaciones. Conservación y Difusión de entornos fortificados. Vol 1. pp 117-126 Alcalá de Guadaíra.

Mehrer, M. y K. Wescott. 2006. *GIS and archaeological site location modelling*. Taylor & Francis Group. London.

Miravalle, M. 2005. *Las colonias agrícolas en el norte de La Pampa. Estancia y colonia Trenel.* Colección Presencia piamontesa en Argentina. Publicación N° 3. Santa Rosa.

Montanari, E. 2014. Los restos faunisticos de un sitio ranquelino del siglo XIX, departamento de Loventue, La Pampa (1870-1880) Tesis de Licenciatura UBA

Montanari, E., C. Landa y V. Pineau. 2012. El Caldén. Pulpería y Posta de Caminos. Norte de La Pampa (Fines del siglo XIX). Primera Aproximación. *Revista del Museo de La Plata*. ISSN 0376-4638. La Plata (en prensa).

Museo Roca (MR). Colección Antonio Pozzo y Encina y Moreno

Olascoaga, M. J. 1974 [1880]. *Estudio topográfico de la Pampa y Río Negro*. Eudeba. Buenos Aires.

Orser, C. 1996. An historical Archaeology of the Modern World. Plenum Press. New York.

Orser, C. 2007. La promesa de una arqueología del mundo moderno en América del Sur, con especial referencia a la Argentina. *Revista de Arqueología Histórica Argentina y Latinoamericana.* I:11-28. Buenos Aires.

Pechmann, G. 1980. [1938]. *El campamento 1878. Algunos cuentos históricos de fronteras y campañas*. Eudeba. Buenos Aires.

Pineau, V. 2010 Esto no es soplar y hacer botellas. Precisando la cronología de un sitio ranquel a través de los fragmentos vítreos. En: De ranqueles, militares y religiosos en el Mamül Mapu. Enfoque Arqueológico y Etnohistórico. Tapia A. (ed). Publicación digital. Ediciones de la Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires.

Racedo, E. 1940. [1879]. *La conquista del desierto*. Editorial Araujo. Buenos Aires.

Rouquié, A. 1981. *El poder militar en la Argentina I. Hasta 1943.* Emecé. Buenos Aires, Argentina.

Salomon Tarquini, C. 2010. *Largas noches en la pampa. Itinerarios y resistencias de la población indígena (1878-1976)*. Prometeo.

Sánchez, J.E. (1984) *La coherencia entre cambio social y transformaciones espaciales,* «Geo Crítica», n. 51, págs. 5-55.

Sánchez, J.E. (1991) Espacio, Economía y Sociedad. Siglo XXI. Barcelona

Scobbie, J. 1968. *Revolución en las pampas. La historia social del trigo argentino 1860-1910*. Solar Hachette. Buenos Aires.

Soncini, J. 2005. Algunos cementerios arqueológicos de fines del siglo XIX y principios del XX en el sudeste de la provincia de La Pampa; el valor de su reconocimiento patrimonial. *Patrimonio cultural en cementerios y* rituales de la muerte. Tomo II. Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

Soncini, J. 2008. Aspectos demográficos a través de trayectos de vida poblacional en el sudeste del territorio nacional de La Pampa central. Continuidad y Cambio Cultural en Arqueología Histórica. Actas del 3º Congreso Nacional de Arqueología Histórica. Universidad Nacional de Rosario. Rosario. SHE. Servicio Histórico del Ejército.

Spota, J. 2010. Acero, desierto y sangre. Expectativas arqueológicas del conflicto armado entre militares y aborígenes en la pampa seca (1877-1879). Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires. De ranqueles, militares y religiosos en el Mamül Mapu. Enfoque Arqueológico y Etnohistórico. *Tapia A. (ed). Publicación digital. Ediciones de la Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires. Pp. 5-109. ISBN 978-987-1450-74-9*

Tapia, A.1998. Identificación arqueológica de asentamientos ranqueles del siglo XIX, Depto. de Loventué, La Pampa. *Primeras Jornadas Regionales de Historia y Arqueología del siglo XIX*. pp. 72-78. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Tapalqué.

Tapia, A. 1999. Fortín La Perra. Entretelones de la dominación y la supervivencia militar en la pampa central. *XII Congreso Nacional de Arqueología Argentina.* Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba.

Tapia, A. 2012. *Arqueología histórica de los cacicazgos ranqueles (siglos XVIII-XIX)*. Ediciones Docuprint. Buenos Aires (en prensa).

Tapia, A. y V. Pineau. 2004. Materiales vítreos y descarte diferencial. Comparación entre una ocupación aborigen y otra militar de fines del siglo XIX. *Aproximaciones contemporáneas a la arqueología pampeana. Perspectivas teóricas, metodológicas, analíticas y casos de estudio.* G. Martínez, M. Gutiérrez, R. Curtoni, M. Berón y P. Madrid editores. pp. 387-401.Universidad Nacional del Centro, Facultad de Ciencias Sociales. Olavaria. Provincia de Buenos Aires.

Tapia A., V. Pineau, C. Landa y E. Montanari. 2010. Uso del GIS en microescala y determinación de procesos de formación del Fortín La Perra (dto. Loventué, La Pampa). *Mamul Mapu: Pasado y presente desde la Arqueología Pampeana.* (Berón, M, L. Luna, M. Bonomo, C. Montalvo, C. Aranda y M. Carrera Aizpitarte, eds.). Libros del Espinillo. Ayacucho. pp. 525-537. ISBN 978-987-25159-5-9.

Tapia A. y E. Dussart. 2013. Aportes de la dendrocronología al estudio de la evolución del caldenar pampeano durante la ocupación ranquelina. *Revista del Museo de La Plata*. Sección Antropología, 13 (87). Facultad de Ciencias Naturales y Museo. ISSN 0376-2149

Thomas, J. 2001. Archaeologies of place and landscape. *Archaeologichal Theory Today.* I. Hodder editor. pp. 165-186. Polity Press. Cambridge.

Walther, J. 1980. *La conquista del desierto*. Editorial EUDEBA (colección lucha de fronteras con el indio). Buenos Aires.

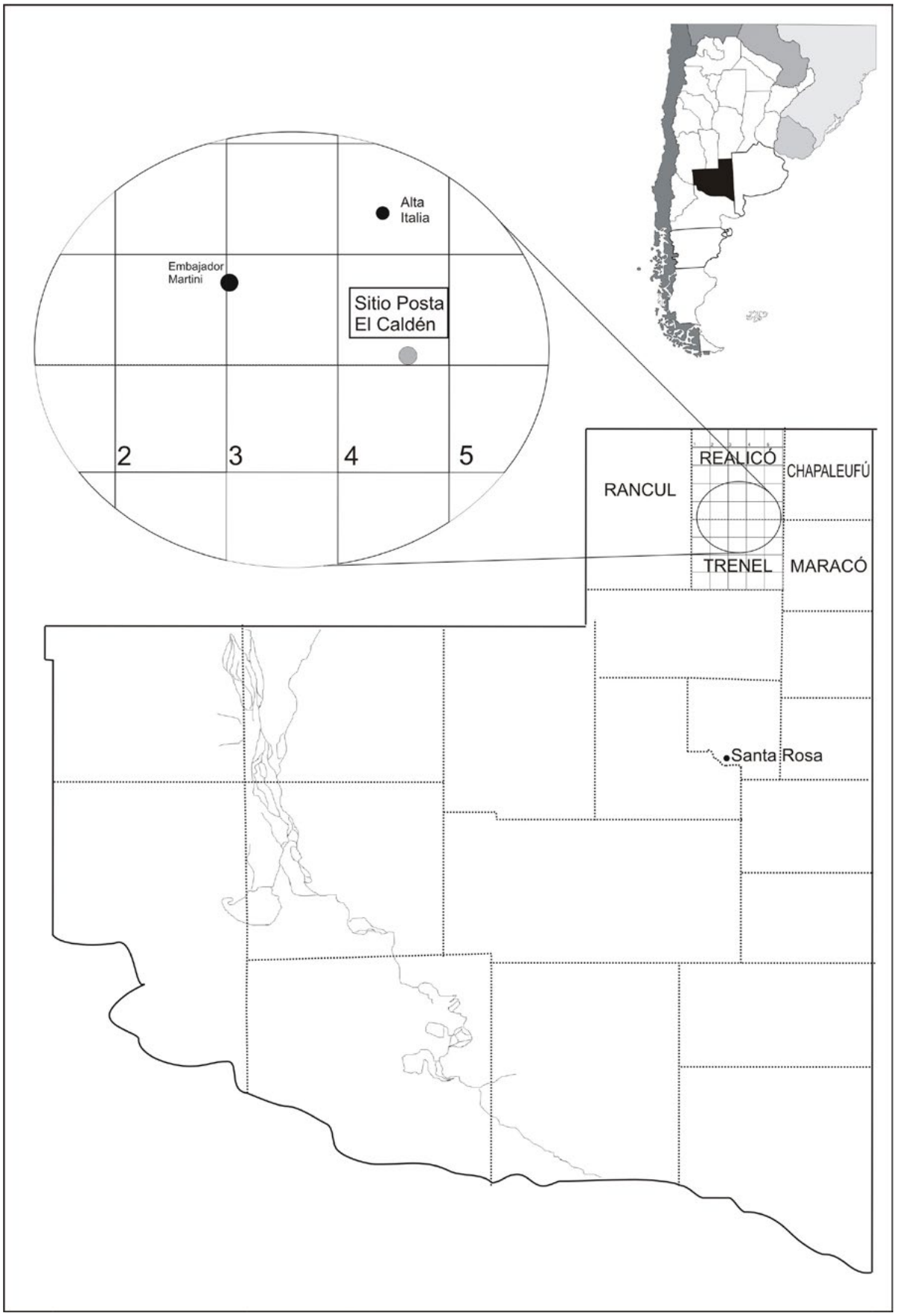


FIGURA 1. ÁREA DE ESTUDIO (NORDESTE DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA, ARGENTINA)

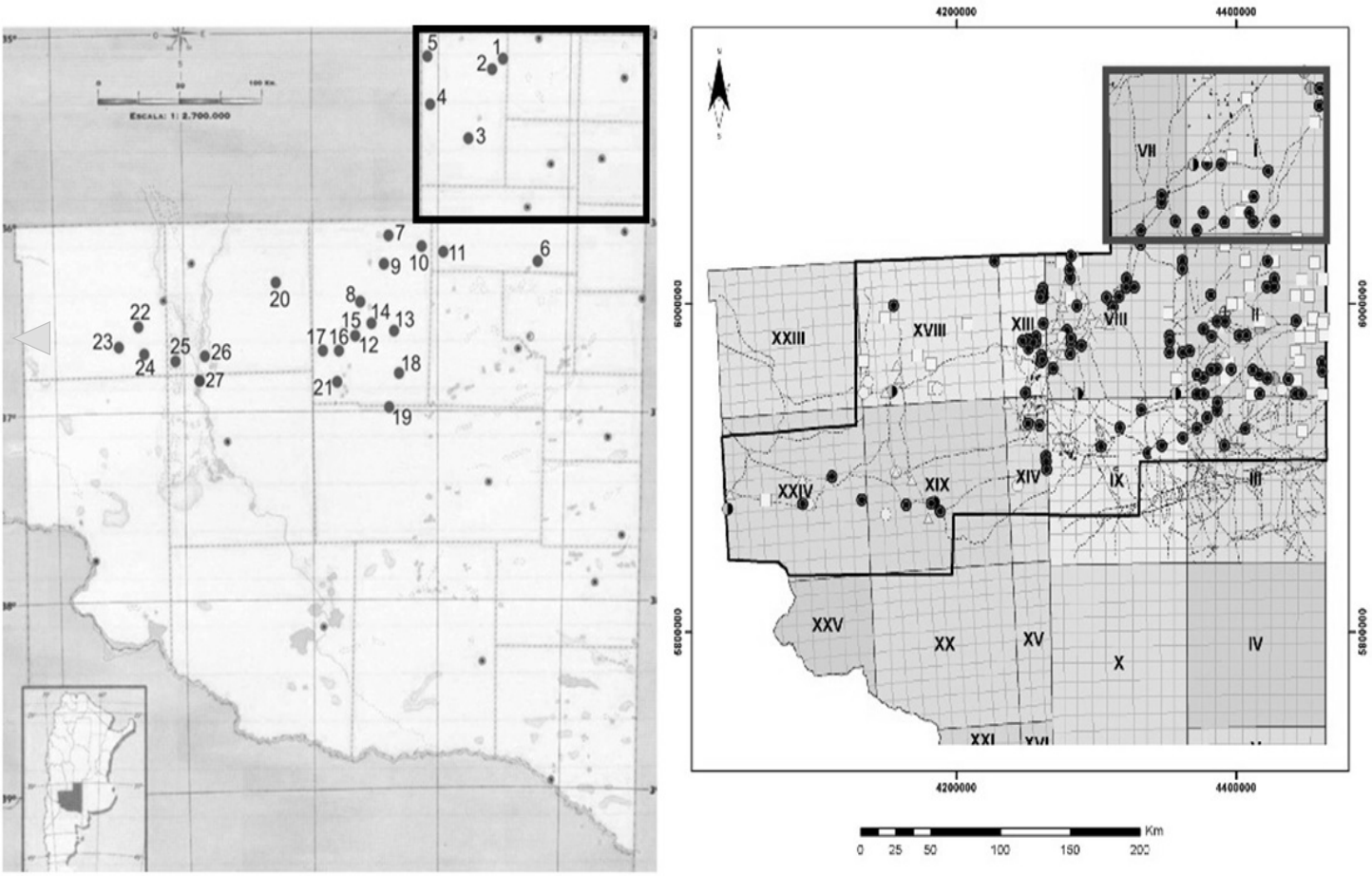


FIGURA 2. IZQUIERDA: SITIOS ARQUEOLÓGICOS Y CANTERAS POTENCIALES IDENTIFICADOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO: 1- PARERA; 2- SOLERA; 3- TRENEL; 4- VUTA TREQUÉN Y 5-LONCO VACA (TOMADO Y MODIFICADO DE TAPIA 2012:70). DERECHA: RELACIÓN ENTRE ASENTAMIENTOS Y RASTRILLADAS REGISTRADAS DURANTE EL PERÍODO 1881-1890 (TOMADO Y MODIFICADO DE TAPIA 2012:315)

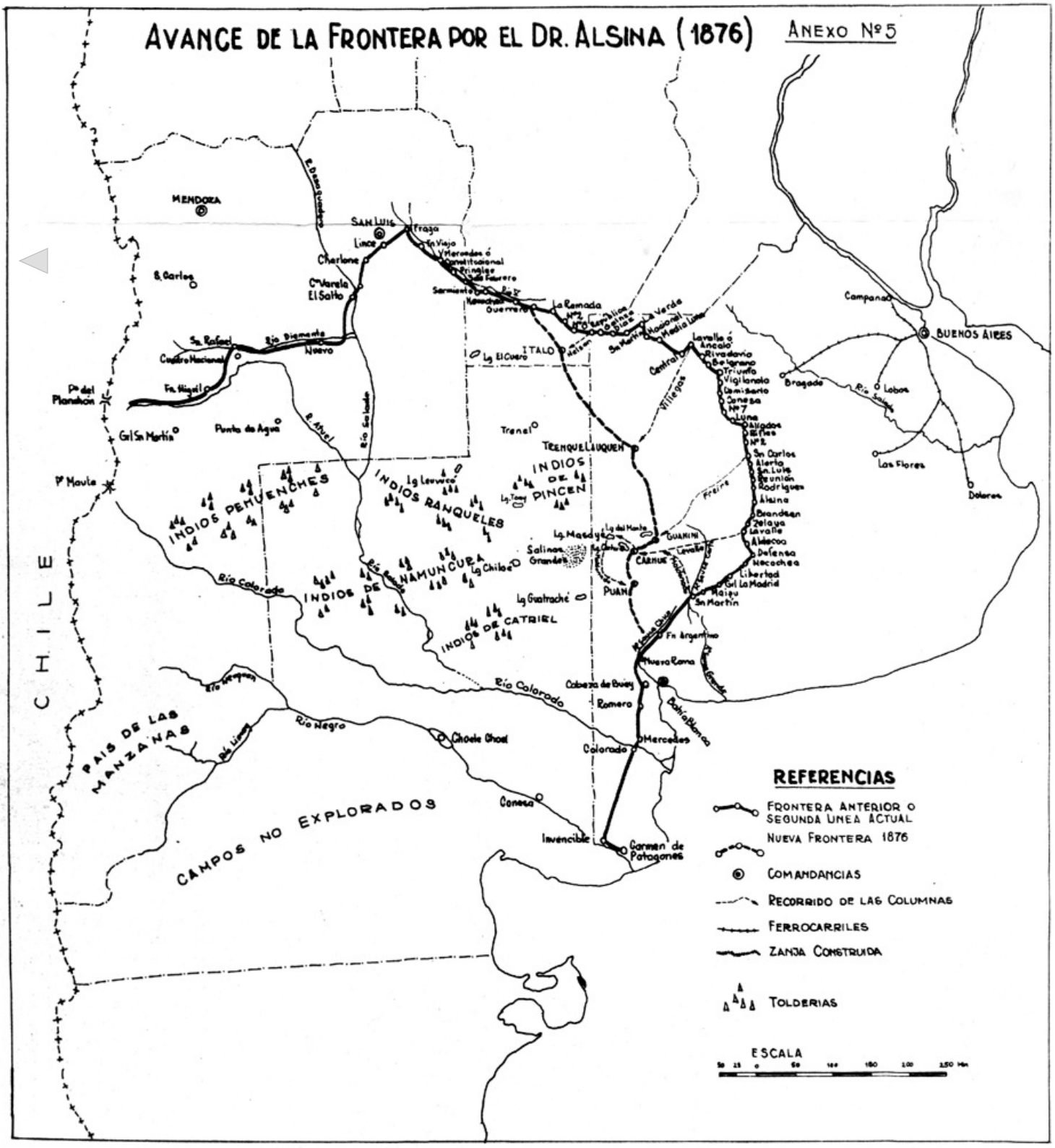


FIGURA 3. LÍNEA DE FRONTERA. EXTRAÍDO DE WALTHER (1980)

FIGURA 4. ARRIBA DERECHA, PLANO GENERAL DE LA ZANJA DE ALSINA, A LA IZQUIERDA DETALLE DE SECTOR POR DONDE PASA LA ZANJA (LÍNEAS DISCONTINUAS) Y FORTINES ALEDAÑOS (A, B, C) (1876-1877). DIRECCIÓN GENERAL DE TIERRAS, DIRECCIÓN GENERAL DE CATASTRO, SECCIÓN I, B, RELEVADA POR EL AGRIMENSOR BENJAMÍN DOMÍNGUEZ EN 1882. CORTE DE SECCIÓN DE LA ZANJA DE ALSINA Y SOLDADOS TRABAJANDO (WALTHER 1980). TRINCHERA EN SECTOR PAMPEANO DE LA ZANJA DE ALSINA (CERCA DE GRAL ALVEAR, TRABAJOS ARQUEOLÓGICOS 2013).

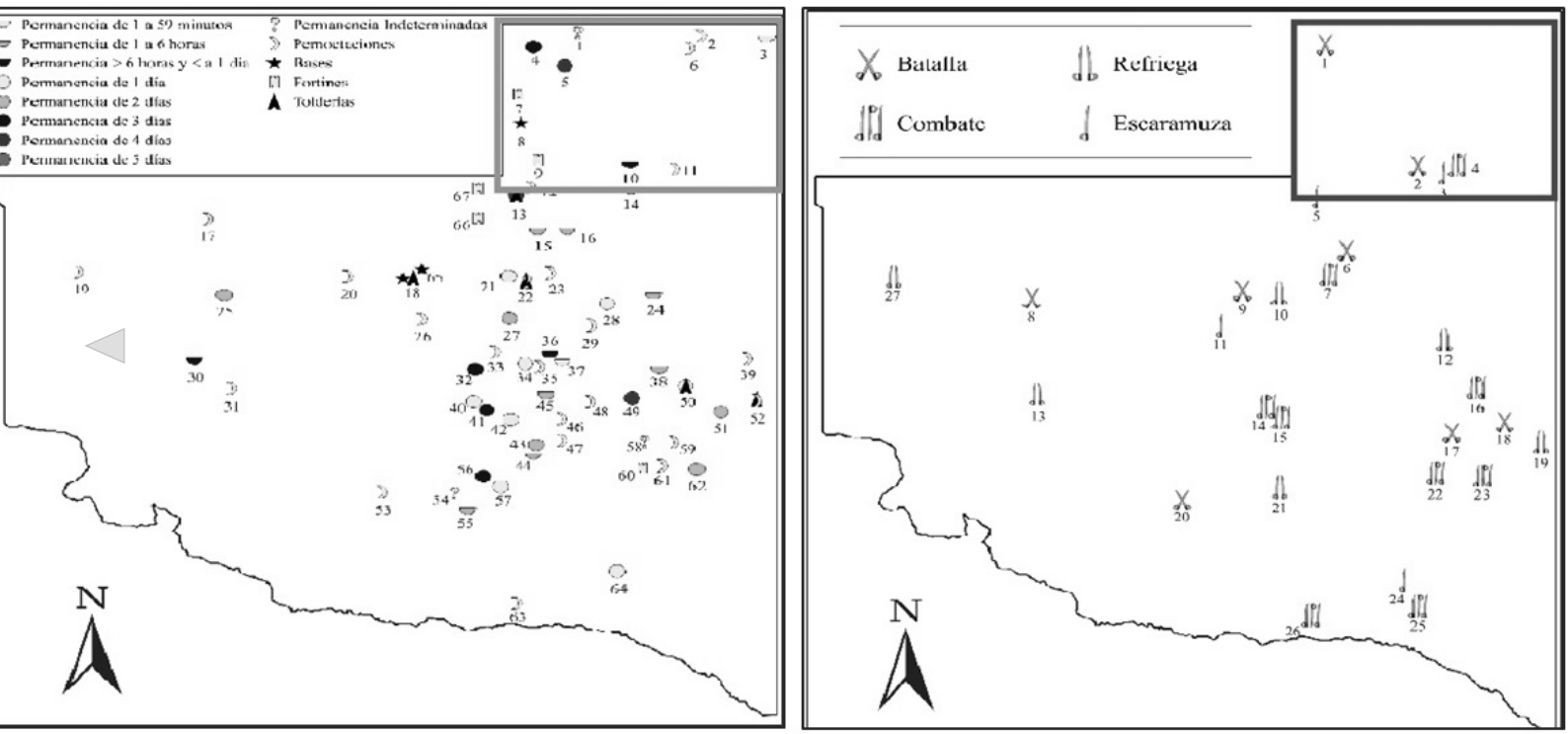


FIGURA 5. DERECHA: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE ASENTAMIENTOS MILITARES Y LAPSO DE OCUPACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO (1878-1879): 1. CHAMILCÓ, 2. QUITRÁ, 3. TRENQUEL, 4. CERCA DEL CUERO, 5. BOTÁ-TREQUÉN, 6. TRES LAGUNAS, 7. LAGUNA DEL CERRO COLORADO, 8. CAMPAMENTO A 15 CUADRAS DE TRECAHUÉ (TRECACTUÉ), 9. LAGUA DE AILLANCÓ, 10. NALAL; Y 11. LAGUNA DE RANQUILCÓ (TOMADO Y MODIFICADO DE SPOTA 2010:346). IZQUIERDA: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS CONFLICTOS ARMADOS ENTRE MILITARES Y GRUPOS ABORÍGENES EN EL ÁREA DE ESTUDIO: 1. CERCA DEL CUERO, 2. NALAL, 3. LICANCHA; Y 4. RANQUILCÓ (TOMADO Y MODIFICADO DE SPOTA 2010:357)

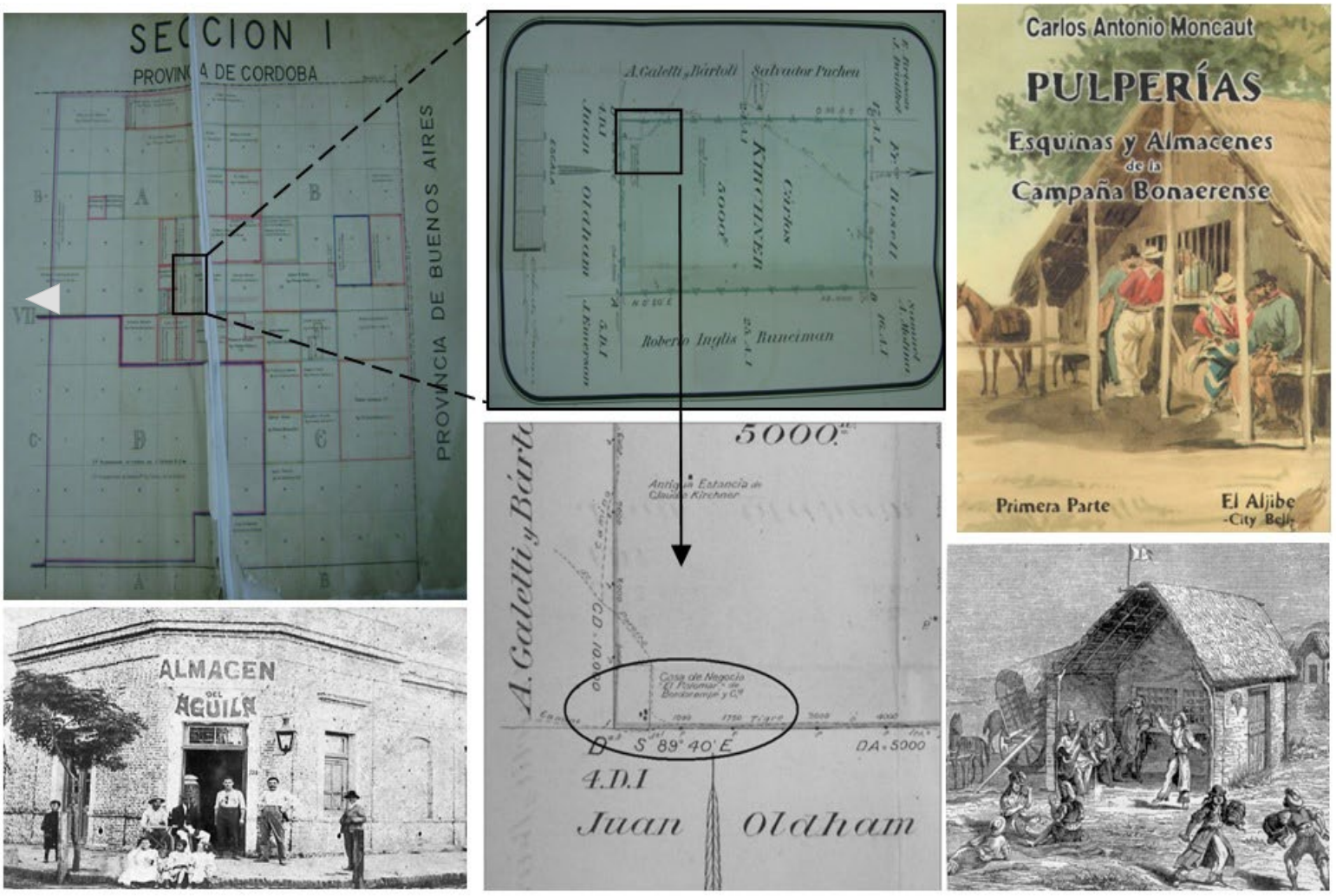


FIGURA 6. ASENTAMIENTOS COMERCIALES RURALES (CASAS DE NEGOCIOS, PULPERÍAS O BOLICHES). FRAGMENTOS DE PLANIMETRÍA CON EL REGISTRO DEL EMPLAZAMIENTO DOCUMENTADO DE UNA CASA DE NEGOCIOS EN ALFREDO THAM 1901 (DIRECCIÓN GENERAL DE TIERRAS, DIRECCIÓN GENERAL DE CATASTRO). COMPOSICIÓN CON ALGUNOS EJEMPLOS ALEGÓRICOS (FOTOGRAFÍA Y GRABADOS COSTUMBRISTAS) ACERCA DE ENTIDADES COMERCIALES RURALES.

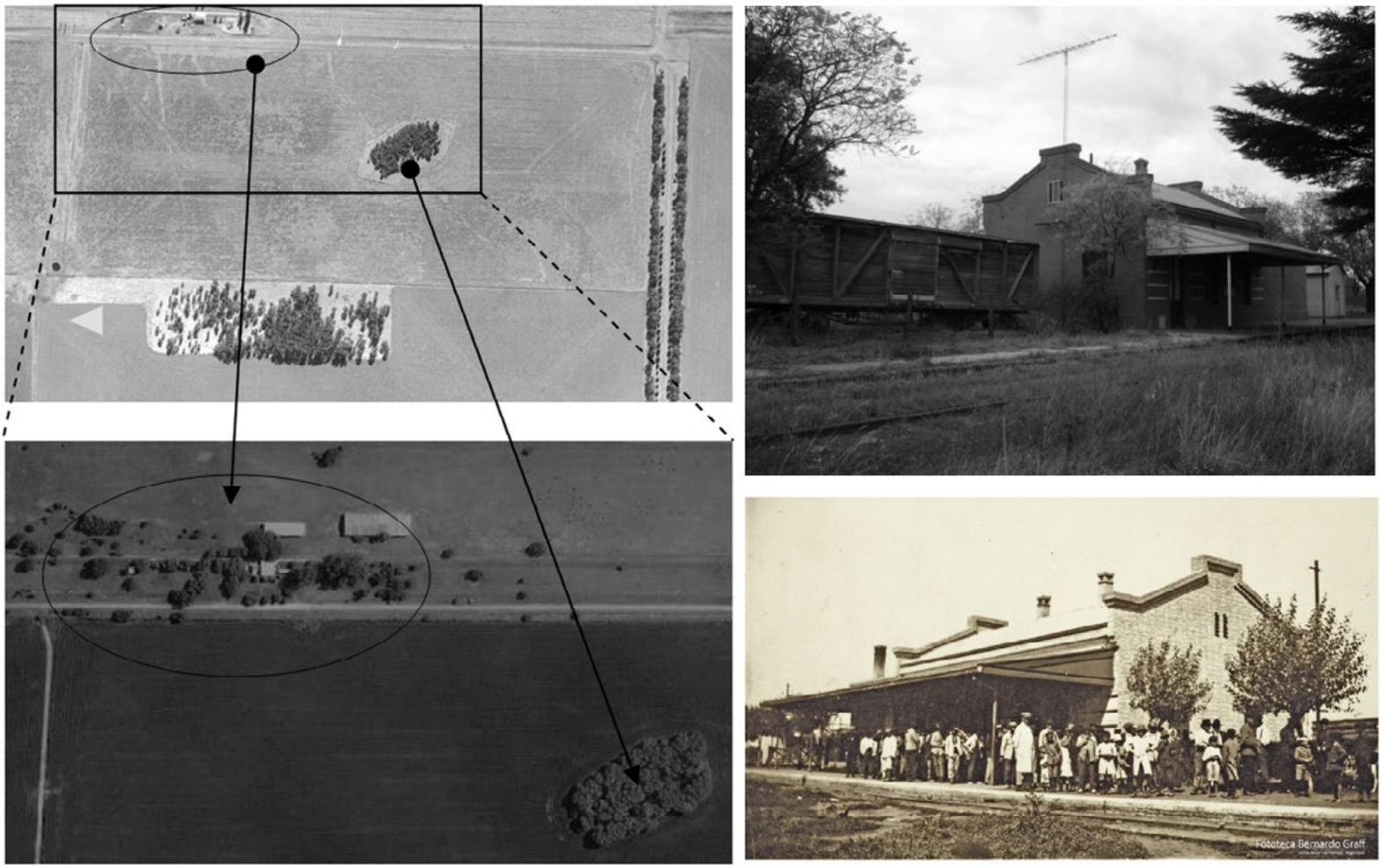


Figura 7. A la izquierda Estación Mariano Miró (foto Carlos Landa, 2012). A la Derecha imágenes aéreas y satelitales (Google Earth) del antiguo emplazamiento del pueblo Mariano Miró. Abajo, foto de la Estación de Caleufu (ca 1911, Depto de Rancul, La Pampa) de similar estilo arquitectónico (AHP, Fototeca Bernardo Graff 2014).

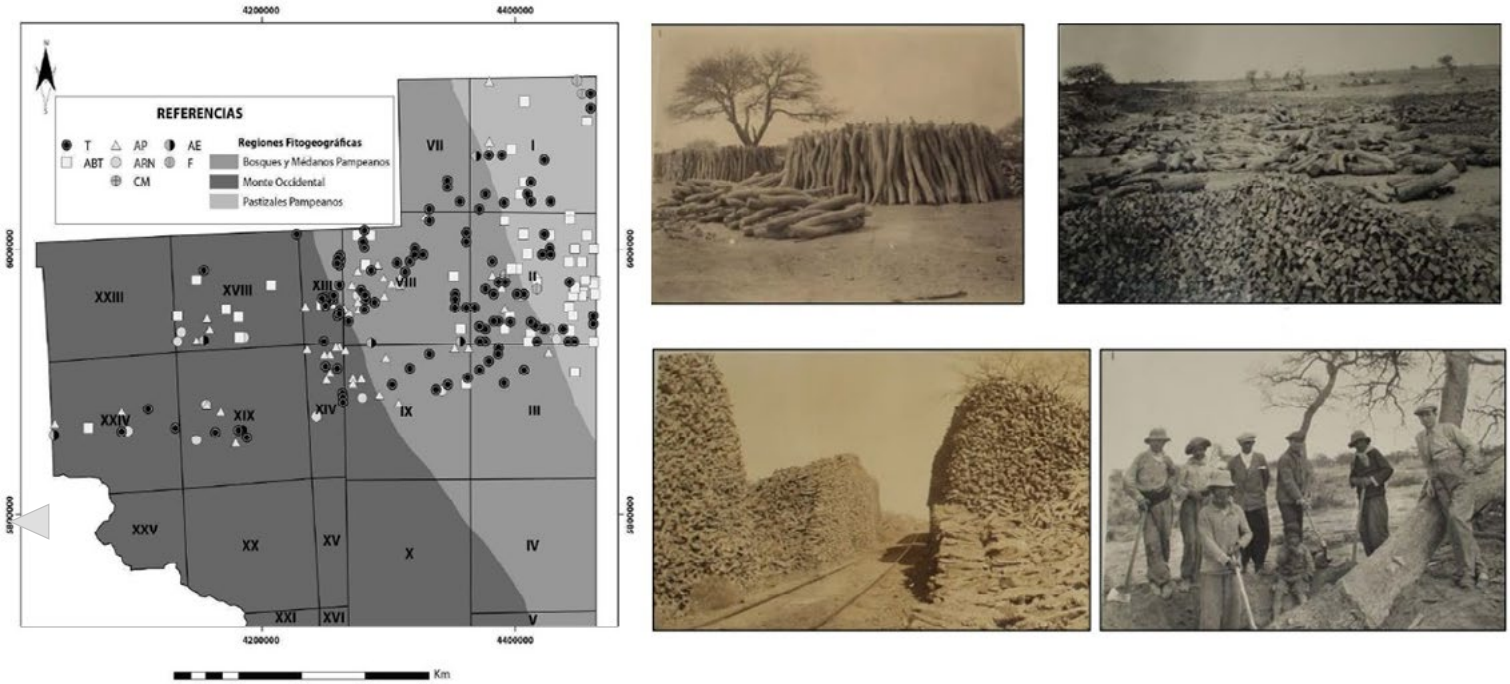


Figura 8. Derecha: Plano de distribución de sitios y distribución fitogeográfica en Tapia y Durssart 2013:363. A la izquierda, ejemplo de cambio del paisaje: explotación intensiva del calden en la Pampa a principio del siglo XX (centro oeste de la Provincia de La Pampa).

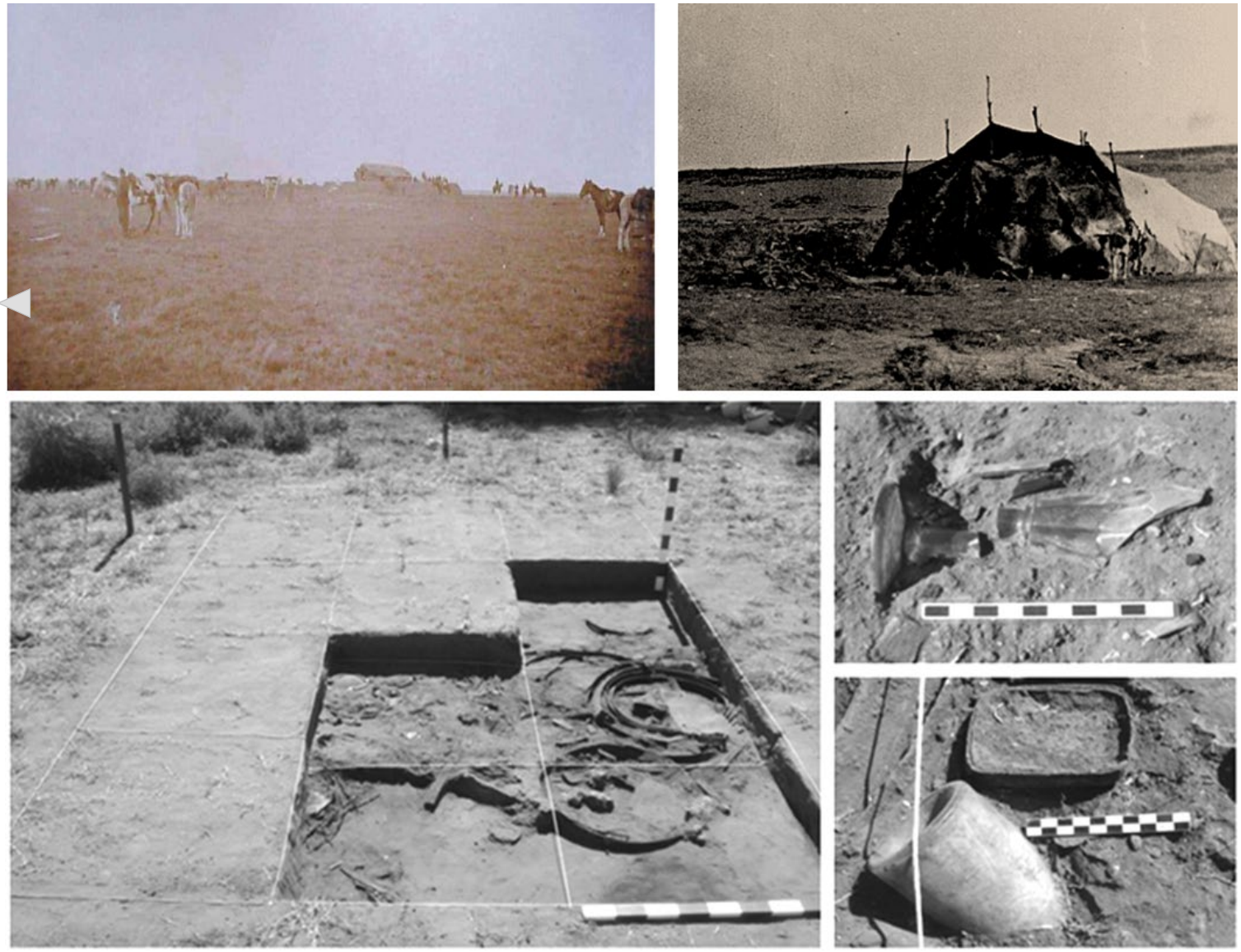


Figura 9. Algunas componentes del pasado accesible desde la materialidad arqueológica y otras fuentes: ¿cómo percibimos a aquellos agentes y sus acciones más allá del registro arqueológico? Ejemplos: izquierda tolderías indígenas (en Casamiquela 2000), derecha asentamientos militares (Fortín Sauce corto en Pozzo 1879 (MR) y abajo hallazgos arqueológicos en Posta el Caldén

ARCHAEOPRESS OPEN ACCESS 2015:
ARQUEOLOGÍA Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN ESPACIAL: UNA PERSPECTIVA IBERO-AMERICANA
editores ALFREDO MAXIMIANO Y ENRIQUE CERRILLO-CUENCA

MENHIRES PREHISTÓRICOS EN EL SECTOR NORORIENTAL DE LA MESETA NORTE ESPAÑOLA. ANÁLISIS ESPACIAL CONCERNIENTE A LA HIPÓTESIS DE UNA ALINEACIÓN ESTRUCTURADA Y SINCRÓNICA

PREHISTORIC STANDING STONES IN THE NORTHEAST AREA OF THE SPANISH NORTHERN MESETA. A SPATIAL ANALISYS TO TEST THE HYPOTHESIS OF AN STRUCTURED AND SYNCHRONIC ALIGNEMENT

Rodrigo Villalobos García[1]

Miguel Ángel Moreno Gallo[2]

Javier Basconcillos Arce[3]

Germán Delibes de Castro[4]

Resumen: En el rincón nororiental de la Meseta Norte española se conocen 15 menhires dispuestos en una alineación de más de medio centenar de kilómetros de los cuales 5, según han confirmado varios sondeos arqueológicos, son de época prehistórica. Una posibilidad es que todos ellos formen parte de un sistema estructurado y sincrónico, hipótesis que aquí vamos a poner a prueba desde la perspectiva del análisis espacial. Nuestra intención es indagar en las estrategias de localización de los menhires y la organización interna de la alineación en aspectos como su relación con los recursos hídricos, los caminos menos costosos o las cuencas de visibilidad. Los resultados nos indican que los menhires jalonan a intervalos regulares y desde posiciones bien visibles una ruta cómoda entre las campiñas y los valles de montaña.

Abstract: In the northeast area of the Spanish Northern Meseta there are known 15 standing stones disposed as a 50 km alignment. The archaeological excavations developed in 5 of them have confirmed its prehistoric chronology. Here we intend to test the hypothesis that argues there was a planned distribution of standing stones from the point of view of the spatial analysis. Our approach is focused on inquiring about the locational strategies of the standing stones and the inner organisation of the alignment in aspects such as its relation with water resources, the least-cost pathways or the viewshed. The results show that the standing stones are located in visible places and at regular intervals of a good route which links the plains with the high valleys of the mountains.

Palabras Clave: Prehistoria Reciente, Meseta Norte Española, Menhir, Caminos Prehistóricos

Keywords: Late Prehistory, Spanish Northern Meseta, Standing Stone, Prehistoric Pathways

UNA ALINEACIÓN DE MENHIRES EN EL NOROESTE DE LA MESETA NORTE ESPAÑOLA

Contextualización

La Meseta Norte española es una amplia llanura sedimentaria del interior de la península Ibérica que se extiende elevada a 700-800 msnm por una superficie de 100.000 km^2 y se ve circundada por varios sistemas montañosos que alcanzan hasta 2.500 msnm. A fines del VI milenio cal AC esta altiplanicie vio aparecer la agricultura y la ganadería, muy probablemente de la mano de colonos foráneos quienes, en estos primeros momentos, parecieron preferir ocupar las tierras de los fondos de los valles (Estremera Portela 2003; Rojo Guerra *et al*. 2008; Vergès *et al.* 2008). Aproximadamente mil años después, desde fines del V milenio, estos campesinos comenzaron a erigir monumentos tumulares, en su mayoría megalíticos, como práctica que perdurará durante todo el IV milenio cal AC (Delibes de Castro 2010). Desde c. 3300 cal AC se ocuparon las más pesadas tierras de la campiña a la par que se intensificó la explotación agrícola y ganadera, aparecieron los primeros

[1] Departamento de Prehistoria, Arqueología, Antropología Social y CC. y TT. Historiográficas de la Universidad de Valladolid. Facultad de Filosofía y Letras, Pz/ del Campus s/n 47011 Valladolid (España). rodrigovillalobosgarcia@gmail.com
[2] Departamento de Ciencias Históricas y Geografía de la Universidad de Burgos. Facultad de Humanidades y Educación, c/ Villadiego s/n 09001 Burgos (España). mamgallo@ubu.es
[3] Asociación Geocientífica de Burgos. C/ Guiomar Fernández 17 09006 Burgos (España). jbasconcillos@gmail.com
[4] Departamento de Prehistoria, Arqueología, Antropología Social y CC. y TT. Historiográficas de la Universidad de Valladolid. Facultad de Filosofía y Letras, Pz/ del Campus s/n 47011 Valladolid (España). delibes@fyl.uva.es

asentamientos fortificados y recintos de fosos y, como pone de relieve la incorporación de la metalurgia y el mayor fluir de artefactos sociotécnicos, se densificaron las interacciones intraregionales y suprarregionales (Delibes de Castro *et al.* 1995; Delibes de Castro 2011; Villalobos García 2013). Este modelo perduró, con algún altibajo pero sin grandes modificaciones, hasta la organización del protourbanismo de los tells del I milenio cal AC (Delibes de Castro y Romero Carnicero 2011).

De los datos que actualmente se manejan es posible colegir que, pese a que durante el Neolítico Antiguo (c. 5300-4250 cal AC) el cultivo exigía cierto sedentarismo estacional, existiría un modo de vida itinerante interanual. Poco se sabe de la economía doméstica del Neolítico Final (c. 4250-3300 cal AC) pero los abundantes megalitos son un buen indicativo de un esfuerzo por invertir en la monumentalización –es decir, demarcación– del territorio. Por último, durante el Calcolítico (c. 3300-2100 cal AC) la intensificación y especialización económica se acompañó de una hasta entonces nunca vista inversión de trabajo en los lugares domésticos, sentándose las bases de un modelo que se conservó durante toda la Edad del Bronce (c. 2100-1000 cal AC) hasta las transformaciones de la Edad del Hierro.

Un nuevo elemento a incluir en esta secuencia de asentamientos, túmulos funerarios, fortificaciones y recintos fosados son los monumentos de tipo menhir, de siempre conocida su existencia pero, debido a su parquedad arqueológica, de difícil interpretación y encuadramiento cronológico. Las prospecciones realizadas por uno de nosotros (M.M.G.) durante los últimos años en el área nororiental de la Meseta Norte, esto es en los páramos calcáreos de las provincias de Burgos y Palencia, han permitido el descubrimiento de casi medio centenar de posibles menhires. De éstos los más occidentales, un total de 15, parecen distribuirse de forma más o menos regular a lo largo de un alineamiento que, partiendo de las tierras sedimentarias, enfila hacia el norte a través del límite entre la campiña y los páramos y, finalmente, concluye tras un trayecto de 60 km en los elevados valles de montaña a 1.000 msnm. A priori la posibilidad de hallarnos ante un conjunto monumental premeditado, cuya planificación y ejecución hubiera tenido lugar en época prehistórica, era una hipótesis tan fundada como que esas piedras hubieran adquirido tal disposición de forma casual y por diferentes eventos acaecidos en momentos incluso históricos. Por lo tanto se imponía la necesidad de realizar varias intervenciones arqueológicas en algunos de estos lugares cuyo objetivo fuera, fundamentalmente, clarificar su cronología, así como extraer cualquier información sobre su utilización y funcionalidad.

Los menhires excavados

La Cuesta del Molino (Villaescobedo, Burgos)

Este yacimiento se localiza encajado en lo más alto de un estrecho vallejo que penetra en el borde del páramo de La Lora sobre el valle del Valdelucio. Aquí se identificó un pequeño túmulo que actualmente conserva unos 10 m de diámetro y 60 cm de altura que en su zona central guarda clavado el arranque de un menhir cuyo extremo superior yace roto unos metros hacia el norte. En 2005 se excavó un pequeño sondeo de 2,5 m^2 que reveló que primero se erigió el menhir y, posteriormente, fue cubierto por el amontonamiento de tierra, piedras, restos óseos humanos y materiales arqueológicos como cerámica a mano, un fragmento de punta de flecha de sílex y otros. Un carbón de la fosa de cimentación de la piedra ha permitido datar el primer evento, el hincado del menhir, en el último tercio del IV milenio cal AC[5] mientras que el uso del túmulo, según el análisis de uno de los huesos humanos, se sitúa en el tránsito del II al I milenio cal AC[6] (Moreno Gallo y Delibes de Castro 2007).

Canto Hito (Revilla de Pomar, Palencia)

En el páramo de La Lora de Valdivia, la estribación más occidental de la plataforma caliza antes mencionada, se yergue todavía el menhir de más de 3 m de altura de Canto Hito. En el año 2006 se realizó un pequeño sondeo arqueológico en su base, más bien modesto, pues la actual inclinación del monumento no aconsejaba infligir excesivas alteraciones. Se reveló, gracias a ello, que el menhir se hallaba encajado aprovechando una de las diaclasas naturales del páramo pero los materiales, sólo algunos restos de sílex blanco tallado entre los que se cuenta un fragmento de lámina, no sirvieron sino para adscribir el yacimiento a un momento prehistórico indeterminado.

Piedra Alta (San Pedro Samuel, Burgos)

El primer eslabón de la alineación, el menhir de Piedra Alta, se localiza en uno de los páramos calcáreos más meridionales que emergen sobre las tierras de la campiña sedimentaria, donde todavía se eleva una gran laja que asoma 2,2 m en el centro de un pequeño túmulo. En 2007 se trazó aquí un pequeño sondeo que interesó al túmulo y la base del menhir el cual aportó varios datos para desentrañar la biografía del monumento. En la acumulación de tierra y piedras aparecieron tanto

[5] La muestra GrA-30.210, 4460 ± 40 AP, ha sido calibrada a 2σ con el software OxCal y la curva IntCal 13, ofreciendo unos rangos de 3346-3011 cal AC (p = .947), 2977-2971 cal AC (p = .005) y 2948-2945 cal AC (p = .003).
[6] La muestra GrA-30.209, 2875 ± 35 AP, ha sido calibrada a 2σ con el software OxCal y la curva IntCal 13, ofreciendo unos rangos de 1192-1176 cal AC (p = .022), 1161-1144 cal AC (p = .025) y 1131-931 cal AC (p = .908).

huesos humanos como varios materiales prehistóricos. Respecto a los primeros, fragmentos de cráneo y huesos largos, se hallaban muy fragmentados y con huellas de haber sido sometidos *a posteriori* de su descarnado a un fuego de unos 300-350 ºC. Los artefactos eran varios galbos cerámicos a mano correspondientes a formas globulares y de superficie lisa, algunos útiles de sílex blanco tallado como láminas retocadas y un microburil y dos fragmentos de útiles de hueso. A ellos debe añadírsele que en las inmediaciones, sin contexto estratigráfico, se recogió una cerámica acanalada propia del Neolítico Interior. Por desgracia no se pudo identificar la cronología relativa –anterioridad, posterioridad, sincronía– entre túmulo y menhir, puesto que en el espacio sondeado no se constató contacto físico entre ambos debido a que una gran fosa de saqueo, probablemente de época moderna, había roto el túmulo. Las dataciones realizadas sobre los huesos remiten a dos momentos distintos de la Edad del Bronce[7], pero el conjunto de los materiales arqueológicos sugieren un horizonte cronocultural de fines del Neolítico y comienzos del Calcolítico, en torno al tránsito del IV al III milenio cal AC (Delibes de Castro *et al.* 2012).

La Buena Moza/Las Atalayas (Avellanosa del Páramo, Burgos)

A menos de 5 km al norte de Piedra Alta, en el mismo páramo, se enclava el menhir de La Buena Moza que, en este caso, levanta aproximadamente 1,9 m respecto al nivel del suelo. En 2008 se acometió un pequeño sondeo junto a su base mediante el cual se pudo identificar tanto la fosa de cimentación de la gran piedra como un pequeño nivel de ocupación adyacente. Respecto al hoyo de hincado, donde reposaba el menhir y varios calzos, no apareció ningún otro material arqueológico ni orgánico que nos ofreciera la posibilidad de datar ese evento. En cuanto al nivel de ocupación, éste se localizaba inmediatamente junto al menhir, formando parte de él un par de fondos planos de cerámica a mano que reposaban en posición horizontal, algunos fragmentos de piedra tallada y una concentración de maderas quemadas que, enviadas a datar, ofrecieron una fecha de mediados del I milenio cal AC[8]. Por ello, respecto a la cronología del menhir, consideramos cualquiera de las dos siguientes posibilidades: Que menhir y hoguera formen parte de un mismo acontecimiento, es decir, que sean sincrónicos, y que menhir y hoguera respondan momentos distintos, siendo el primero anterior. En nuestra opinión resulta más probable la segunda posibilidad, esto es que aquellos que generaron el campamento se vieran atraídos por un monumento previo (Moreno Gallo *et al.* 2012).

Menhir de Sansón (Villanueva de Henares, Palencia)

La última intervención en uno de los menhires de la alineación se efectuó en el más septentrional de ellos y en el único conocido en un fondo de valle: Sansón. Aquí, junto a la piedra que actualmente se eleva 2,2 m, se trazó una pequeña cata de 2,5 x 2,5 m, reveladora de que un potente nivel de arcilla, de 1,4 m de potencia, había cubierto al menhir entre su base y el suelo actual. En la parte superior de este sedimento se recuperaron varias cerámicas medievales y tres monedas, una del s. XVII y dos del s. XV, mientras que en la inferior se tomó una muestra de carbones cuya datación ofreció una cronología de los ss. I-II cal DC[9]. Estos documentos nos permiten interpretar que dicho estrato se habría formado mediante la continua acumulación de sedimento durante dos milenios debido a la localización del yacimiento en el fondo del valle, junto al cauce del Arroyo de Quintanas. No se recuperaron otros materiales arqueológicos, pero la visible presencia a lo largo de toda esta piedra, que una vez excavada se reveló con una longitud total de 4 m, de más de una docena de cazoletas nos permite asumir para este menhir una clasificación como Prehistórico indeterminado.

Hipótesis: Existe una alineación sincrónica

Una vez concluidos los sondeos arqueológicos en estos cinco menhires la documentación aportada nos permite defender la condición prehistórica de todos ellos, aunque existan dudas sobre su contemporaneidad. Si bien La Cuesta del Molino se levantó en c. 3000 cal AC, una época que no desentona para los materiales de Piedra Alta, en el caso de Buena Moza cuanto sabemos es que se hallaba hincada ya en el I milenio cal AC, y en Canto Hito y Sansón, que deparan evidencias –una lámina de sílex y las cazoletas– propias del gran lapso Neolítico-Edad del Bronce (Fig. 1). Además, tanto en Cuesta del Molino como en Piedra Alta el radiocarbono revela que, más de un milenio después de su hincado. en estos lugares siguieron realizándose actividades tan trascendentales como las que involucran el manejo de restos óseos humanos.

En esta tesitura, lo que pretendemos es comprobar la solidez de la hipótesis del alineamiento sincrónico de menhires a través de las herramientas desarrolladas por la Arqueología Espacial. Nuestra línea de razonamiento se fundamenta en que si éstos fueron erigidos como parte de un programa premeditado deberían, en consecuencia, organizarse en base a cierta estructura coherente, susceptible de ser identificable, tanto en su relación con el territorio como en su relación entre sí mismos.

[7] La muestra GrA-38.106, 3385 ± 30 AP, ha sido calibrada a 2σ con el software OxCal y la curva IntCal 13, ofreciendo un rango de 1747-1619 cal AC (p = .954). La muestra GrA-40.496, 2750 ± 30 AP, ha ofrecido un rango de 976-822 cal AC (p = .954).
[8] La muestra GrA-40.518, 2405 ± 30 AP, ha sido calibrada a 2σ con el software OxCal y la curva IntCal 13, ofreciendo unos rangos de 733-690 cal AC (p = .091), 611-649 cal AC (p = 0.02) y 545-400 cal AC (p = .843).
[9] La muestra GrA-44.914, 1860 ± 30 AP, ha sido calibrada a 2σ con el software OxCal y la curva IntCal 13, ofreciendo un rango de 80-231 cal DC (p = .954).

ANÁLISIS ESPACIAL

Con anterioridad hemos jugado con varias ideas sobre, en caso de que esta alineación efectivamente responda a sistema de hitación prehistórico, cuál sería la intencionalidad principal que le regiría. Una de ellas era que los menhires pudieran jalonar una ruta de transterminancia ganadera, puesto que algunos de ellos se vinculan a zonas de pasto y áreas de encharcamiento necesarias para el ganado. Otra, que quizás pudieran haber actuado como delimitadores territoriales al dividir los páramos calcáreos, abundantemente poblados por monumentos tumulares, de las tierras campiñesas, mucho más parcas en ellos (Delibes de Castro *et al.* 2012: 7-27; Moreno Gallo *et al.* 2012).

Por lo tanto, en este ejercicio nuestra intención es atender a algunas premisas que derivarían de tales ideas, como por ejemplo indagar en la relación de la alineación con los recursos hídricos, la orografía o la intervisibilidad entre monumentos. Tenemos identificados un total de 15 menhires repartidos en 10 agrupaciones, de los cuales 5, el total de los intervenidos, han confirmado su cronología prehistórica: 1) Piedra Alta, con materiales de fines del IV y comienzos del III milenio cal AC, cerca del que aparece el menhir de Onteán, 2) el grupo de Buena Moza, Buen Mozo y El Borquillo, hincado el primero por lo menos en el I milenio cal AC, 3) Los Casares, 4) Valdeleña, 5) los dos menhires de La Cruz y Boga, 6) Nava Talamillo 1 y 2, 7) Estela Talamillo, una piedra hincada junto a dos túmulos que, aunque tenga inscripciones modernas, podría ser un menhir reutilizado 8) Cuesta del Molino, datado en c. 3000 cal AC, 9) Canto Hito, con materiales prehistóricos indeterminados, y 10) Sansón, con cazoletas que también llaman a datarlo en la Prehistoria. Para evitar la distorsión que podría provocar el cuantificar repetidas veces un mismo espacio que contenga una agrupación de varios menhires –pues es más probable que esto responda a la remonumentalización de un lugar que a hitaciones diferentes– hemos optado por realizar el análisis basándonos en una sola medida por cada área.

La relación de los menhires y su entorno. Agua, clima y zonas de paso

Distribución de monumentos y recursos hídricos

En Arqueología, una de las estrategias más recurridas de análisis espacial a nivel macro o territorial es la relativa a la relación entre la distribución de los yacimientos y los recursos económicos que ofrece el medio. En este sentido hemos mencionado la aparente vinculación de algunos de los menhires a zonas encharcables, un importante recurso a tener en cuenta en el caso de la hipótesis ganadera. Para indagar en la relación entre los menhires y los recursos hídricos hemos utilizado la documentación recogida en el Mapa Topográfico Nacional (MTN) en versiones digitalizadas que ofrece el Instituto Geográfico Nacional de España (IGN), en concreto en su formato BCN a escala 1:25.000. De aquí hemos extraído las capas referentes a ríos, fuentes y lagunas, con intención de comprobar si la distribución de los menhires en relación con estos recursos es estadísticamente significativa según los procedimientos propuestos por D. Wheatley y otros (Wheatley y Gillins, 2002: 126-127; Murrieta Flores *et al.* 2011).

El análisis Kolmogorov-Smirnov revela que, en el área de estudio, la distribución de menhires no se encuentra relacionada con la localización de la totalidad de los recursos hídricos en conjunto (ríos+lagunas+fuentes) ni con solamente los ríos. Pero en cambio, en lo referente a las lagunas y las fuentes, en ambos casos los resultados ofrecen algunos indicios. Como puede observarse en la Fig. 2 las diferencias habidas entre los valores obtenidos y los valores esperados de la distribución de menhires al respecto de estos recursos se aproximan, sin rebasarlo, al valor crítico, muy elevado por lo pequeño (n=10) de la muestra. Considerando todos los recursos hídricos en conjunto, el 80% de los menhires se halla a menos de 300 m de algún punto de agua (en total 316 m de media con desviación estándar de 315 m), en su mayoría de fuentes. Aunque no podamos demostrar una relación estadísticamente significativa entre menhires y agua lo cierto es que este recurso no faltó en el entorno de los yacimientos analizados.

Otras rutas posibles pero… ¿probables?

La identificación de las rutas óptimas es una tarea harto compleja debido a la multitud de factores que deben tenerse en cuenta, no sólo aquéllos puramente físicos tales como distancia, pendiente, barreras fluviales, etc. sino, también, otros condicionantes de tipo cultural. A modo de prueba, hemos empleado las herramientas "r.walk" y "r.drain" que ofrece el software GRASS incorporado en QGIS, las cuales deducen la ruta de menor coste entre dos puntos considerando únicamente la orografía, que hemos extraído de las curvas de nivel del BCN 1:25.000 (IGN). Se ha aplicado este procedimiento para calcular la ruta menos costosa entre cada uno de los dos menhires extremos y el resto de los otros menhires así como también de menhir a menhir y de menhir a menhir obviando un eslabón intermedio. Los resultados, en la mayoría de los casos, revelan que entre los extremos y entre dos eslabones no consecutivos de la alineación las posibles rutas no circulan guiadas por los menhires intermedios sino que discurren o por las tierras bajas de la campiña, al oeste, o rodeando los páramos serpenteando entre los estrechos vallejos que los recortan (Fig. 3).

Vista la tendencia a los grandes rodeos, muy evidente en el tramo entre Canto Hito y Sansón, habría que destacar el énfasis en la pendiente en detrimento de la distancia que, aparentemente, aplica esta simulación. Otros aspectos a tener en cuenta son que las rutas por la campiña deberían ingeniárselas para cruzar el río Odra y sus afluentes, o que la mayor vegetación de los vallejos dificultaría el tránsito, en contraposición con los llanos y despejados páramos donde se ubican los menhires. Los datos climáticos georreferenciados del Instituto Técnico Agrario de Castilla y León (ITACyL) indican que durante todo el año las precipitaciones son mayores en los páramos que en la campiña, así como que las temperaturas son sensiblemente menores, especialmente las máximas de julio, con una variación de hasta 2º C. También a este respecto habría que tener en cuenta otros datos no mensurables tales como la condensación matutina de la niebla que, incluso en verano, se aprecia en los altiplanos.

Otra circunstancia en pro de considerar las ventajas de la ruta menhir a menhir por los alto de los páramos es la propia ubicación elegida por quienes erigieron los menhires en detrimento de otros lugares de su entorno inmediato. Excepto en el caso de Sansón, el único de los ejemplares conocidos localizado en un fondo de valle, el resto de monumentos se levantan en plataformas elevadas. De éstos, tres agrupaciones se encuentran en collados, las de Valdeleña, Estela Talamillo y los dos menhires agrupados, Boga y Cruz, que se yerguen cada uno por su parte en los dos únicos pasos que cruzan las elevaciones entre Fuencivil y San Miguel. Otras tres, como Piedra Alta, el grupo de Buena Moza, Buen Mozo y Borquillo, y el menhir solitario de Los Casares, se localizan en marcados estrechamientos de los páramos. Cuesta del Molino aparece en lo alto de un valle que asciende suavemente hacia el altiplano de La Lora desde el valle de Valdelucio mientras que los restantes, los dos de Nava Talamillo y Canto Hito, se encuentran en el centro de amplias llanuras elevadas. En conjunto, estos menhires se localizan en su mayoría en espacios de los páramos por donde resulta fácil el paso y, en casos, por prácticamente el único lugar por el que el paso es posible.

Dentro de la alineación. Visibilidad y distancia entre eslabones

Asumiendo que, por los argumentos previamente expuestos, el camino a seguir de menhir a menhir entre Piedra Alta (San Pedro Samuel) y Sansón (Villanueva de Henares) sería el de mayor idoneidad, vamos a ocuparnos ahora de la organización interna del conjunto. Para ello tomaremos como base de trabajo la ruta de menor coste generada mediante los módulos de GRASS "r.walk" y "r.drain", como previamente se ha expuesto, en este caso enlazada de menhir a menhir, es decir, el camino más corto que desde Piedra Alta hasta Sansón recorre todos los menhires.

(Inter)visibilidad y control del territorio

Siempre es difícil tratar de averiguar la intencionalidad de las acciones pasadas a través del registro arqueológico, pero al respecto es indudable que una de las cualidades inevitablemente relacionadas con el monumentalismo –dólmenes, túmulos, menhires, etc.– es su proyección al exterior a través de su imponencia. Para tratar estas cuestiones en relación con nuestra problemática particular, hemos aplicado algunas de las estrategias desarrolladas por la Arqueología Espacial referentes a la capacidad de percepción y a las cuencas visuales.

En primer lugar resulta interesante introducir el condicionante de la distancia en las limitaciones humanas de percibir visualmente un objeto. Según los rangos propuestos por el paisajista T. Higuchi, el ojo humano pierde la capacidad de identificar objetos individualizados a partir de 1100 veces la altura de los mismos (Wheatley y Gillins 2000), criterio éste que hemos tomado para calibrar la distancia límite a partir de la que no sería posible en ningún caso identificar los monumentos. Algunos de los menhires están actualmente rotos y/o caídos, y los que se mantienen en pie levantan entre los 2,2 y 3 m de altura, por lo que, para simplificar, hemos tomado como altura tipo 2,5 m. Esto, multiplicado por las 1100 veces propuestas, nos ofrecería un rango de 2750 m para las áreas desde las que serían visibles estos elementos.

Un rápido vistazo a un mapa creado mediante la aplicación de un buffer con ese radio a la localización de los menhires nos revela que, salvo en el caso de los eslabones La Cruz/Boga – Nava Talamillo, separados unos 2500 m, ninguno de los restantes menhires podrían ser intervisibles entre sí. Sin embargo, es revelador que en la mayoría de los casos las áreas desde donde serían visibles los menhires de la alineación estén enlazadas entre sí, lo cual implica que, durante la mayor parte del camino, podrían verse uno o dos menhires en cualquier caso. Otro dato interesante lo aporta la aplicación de un análisis de las cuencas visuales generadas desde cada uno de los menhires, reveladora de que durante el 34,83% de la ruta total entre Piedra Alta y Sansón, la orografía permitiría efectivamente esta situación, la cual se daría, asimismo, durante un 53% del camino entre los 7 eslabones meridionales, Piedra Alta y Estela Talamillo (Fig. 4).

La posibilidad de asumir los datos de los análisis de cuencas visuales es compatible, además, con lo que se conoce sobre la vegetación que, según nos indican los estudios paleobotánicos, existió durante la Prehistoria Reciente en los alrededores de esta área. Tanto en los páramos (Moreno Gallo *et al.* 2012) como en los valles (Muñoz Sobrino *et al.* 1996) atravesados por la alineación las muestras de polen hablan de un paisaje abierto mayoritariamente poblado por especies herbáceas, lo cual tampoco desentona con las lecturas de los ecofactos conocidos de otras localizaciones también de la provincia de

Burgos desde fines del IV milenio cal AC (Allué y Euba 2008; Rodríguez y Buxó 2008; Vergès *et al.* 2008; Martínez-Pillado *et al.* 2010).

La cadencia de la ruta. Andando de menhir en menhir

El módulo "r.walk" de GRASS permite, según la distancia y la orografía, deducir el tiempo tomado al caminar de un punto a otro. Con esta herramienta hemos calculado las horas que, según estos criterios, exigiría el tránsito por cada uno de los tramos entre menhires, lo cual nos ha ofrecido unos resultados con una distribución bastante regular. Como puede observarse en la Fig. 4, la mayoría de los tramos supondrían un caminar de entre 3,4 y 5,3 horas, a excepción de en los dos grandes espacios existentes entre Estela Talamillo y Cuesta del Molino (8,2 horas) y Canto Hito y Sansón (9,4 horas). Sin incluir estos últimos, marcadamente anormales, los tiempos tomados por las supuestas etapas se distribuirían con una media de 3,91 horas con una desviación estándar de 1,21 horas (siendo n=7).

Explicando los huecos… ¿faltan menhires o, quizás, allí no fueron necesarios?

Como puede observarse atendiendo a las áreas límite del rango de percepción visual, la alineación presenta dos grandes vacíos, uno entre Estela Talamillo y Cuesta del Molino y otro entre Canto Hito y Sansón. Éstos coinciden, además, con los tramos anómalos del tiempo calculado para recorrer la distancia entre menhir y menhir. Considerando que tales tramos anómalos suponen aproximadamente el doble de la media de etapa que se advierte en el resto de la alineación, es posible que tal espaciamiento sea causado por la ausencia de dos menhires o agrupaciones de menhires. ¿Por qué no habrían podido éstos ser identificados en las prospecciones? Para explicar su ausencia vamos a recurrir aquí a dos argumentos no excluyentes entre sí, uno tafonómico y otro cultural.

Por un lado, contamos con que los dos supuestos ejemplares desaparecidos deberían, por su lógica ubicación en el total de la alineación, localizarse en el fondo de los valles de Valdelucio y del Camesa. En este caso la excavación de Sansón, la única de las otras piedras de la alineación localizada en un fondo de valle, resulta bastante reveladora. Antes hemos descrito cómo este gran menhir, que por sus dimensiones habría levantado unos 3 m del suelo en origen, había recibido durante dos milenios sedimentos con una potencia total de 1,4 m reduciendo así considerablemente su porte. Si otros menhires en situación similar pero con otros tamaños más modestos, en mayor sintonía con los del resto de la alineación, hubieran recibido una sedimentación semejante quizás a día de hoy no asomaran ni 1 m, dificultando así sobremanera las posibilidades de su identificación.

La otra explicación puede relacionarse con la presencia, al norte de la alineación, del páramo de Las Tuerces, una muy singular formación caliza de tipo ruiniforme cuyos sinuosos perfiles, debido a su tamaño y gran elevación sobre el territorio circundante, son notoriamente divisables en kilómetros a la redonda. Entre sus caprichosas formas se conoce Cueva Rubia, un abrigo ocupado durante el Neolítico Final, Calcolítico y Edad del Bronce (Pérez Rodríguez 1989; Delibes de Castro y Pérez Rodríguez 2002), y uno de nosotros ha destacado la importancia de este espacio de Las Tuerces como posible nudo de comunicaciones y centro de intercambio durante el Neolítico Final (Villalobos García 2012). Si una de las funciones de los menhires fuera la de servir como hitos de referencia, este particular enclave natural podría haber actuado a modo de perfecto sustituto pues era tan claramente visible e identificable como tan bien conocido y trasegado.

Estos últimos supuestos –los menhires perdidos y el referente natural de Las Tuerces– son totalmente coherentes con los datos previamente descritos sobre cuencas visuales y cadencia. Si introdujéramos dos menhires intermedios en los respectivos vacíos obtendríamos una distribución de jornadas más agrupada, pues pasaríamos de 3,91 h con una desviación estándar de 1,21 (n=7) a 4,09 h con una desviación estándar de 0,99 (n=11). Por otro lado, la inclusión de la cuenca visual de Las Tuerces supliría ese tramo carente de referencias y elevaría a un 41,5% el total del recorrido de la alineación controlado visualmente por hitos, una proporción mucho más próxima al 53% del tramo "completo" entre Piedra Alta y Estela Talamillo que ese 34,83% "sin Tuerces" al que antes hacíamos referencia.

CONCLUSIONES

Los datos arqueológicos nos permiten asumir como prehistórica la cronología de los 5 menhires intervenidos, los cuales se distribuyen por otros tantos de los 10 eslabones de la alineación. Dos de ellos, Piedra Alta y Cuesta del Molino, fueron levantados durante el tránsito Neolítico Final-Calcolítico y más de mil años después, durante la Edad del Bronce, siguieron siendo escenarios de ciertas actividades trascendentales. Aquí hemos pretendido, principalmente, comprobar la robustez de la hipótesis de una alineación coetánea mediante el análisis de la coherencia espacial de los yacimientos implicados.

En cuanto a la relación entre los menhires y los recursos hídricos recogidos en el MTN no hemos hallado una conexión estadísticamente significativa que indique que los monumentos se orienten primordialmente en este sentido, quizás por

ser una muestra demasiado pequeña, aunque el hecho de que generalmente no falte un punto de agua a unos pocos centenares de metros de cada menhir es dato a tener en cuenta. Aunque el camino que sigue uno por uno a los menhires no es el menos costoso considerando sólo la orografía –y obviando otros factores–, se corresponde con una ruta que circula preferentemente por el alto de los páramos, donde la temperatura es más suave y las precipitaciones ligeramente más abundantes, la cual ve cómo son hitados, en varios casos, los pasos estratégicos tales como collados o estrechamientos. La mayor parte del tránsito a lo largo de esta ruta se desarrolla con alguno de los menhires a la vista dentro del rango estipulado por Higuchi para que un objeto pueda ser percibido por el ojo humano. Además, los datos paleobotánicos conocidos y los análisis de cuencas visuales sostienen que durante el 53% del recorrido entre Piedra Alta y Estela Talamillo, la mitad meridional de la alineación, siempre es visible, al menos, un menhir, mientras que la alineación completa con el añadido de Las Tuerces cuenta con una referencia visible, artificial o natural, durante el 42% de su recorrido. La cadencia medida en el tiempo tomado para recorrer a pie cada eslabón se muestra bastante agrupada para toda la alineación, poco menos de 4 horas, lo cual concuerda con la mitad del valor de los tramos anómalos sugiriendo, así, que a medio camino de éstos podrían haber existido dos lógicos eslabones adicionales por ahora no identificados[10].

Asumiendo como correctas las explicaciones sobre los dos vacíos, tenemos ante nosotros una alineación de menhires que sería guía de un camino cómodo y bien abastecido de agua entre las tierras campiñesas y los altos valles de montaña, donde, además de por la existencia de otros monumentos megalíticos (Moreno Gallo 2004, 2005; Moreno Gallo *et al.* 2012), tendría en las piedras, hincadas a intervalos bastante regulares, referencias visuales intermitentemente perceptibles a lo largo de su totalidad. Tal coherencia, consideramos, sirve para otorgarle más credibilidad a nuestra hipótesis de partida, es decir, que los menhires forman parte de un conjunto sincrónico.

Y, si optamos por la sincronía, las fechas radiocarbónicas de Canto Hito y los materiales de Piedra Alta servirían para retrotraer estos monumentos a c. 3000 cal AC, al tránsito del Neolítico Final al Calcolítico, momento a partir del cual se constatan los primeros asentamientos con una gran inversión de trabajo, se intensifica la explotación agroganadera y aumenta la integración económica suprafamiliar. En esta época aparecen en el registro normeseteño patrones de sacrificio de vacunos y ovicaprinos adultos (Morales Muñiz 1992) y artefactos destinados al aprovechamiento de los recursos secundarios del ganado tales como lácteos, tejidos y tracción en forma de queseras, pesas de telar y dientes de trillo, respectivamente (Val Recio 1992; Delibes de Castro *et al.* 1995; Delibes de Castro 2011; Gibaja Bao *et al.* 2012).

Aún descartada por anacrónica esa antigua propuesta que extrapolaba la trashumancia histórica de largo radio a la Prehistoria Reciente peninsular, en general existe consenso en admitir desplazamientos de ganado modestos y de corto recorrido, de tipo trasterminante, como posibles para estos momentos (Jimeno Martínez 2001: 150-155). La estructuración de la alineación de menhires a comienzos del Calcolítico coincide con el arranque de un periodo en el que aumenta la relevancia del ganado, y su pervivencia en el tiempo se extiende por una Edad del Bronce que, en términos socioeconómicos, resulta más o menos continuista. Aunque ésta sea una etapa en la que la economía doméstica se configuró de forma preferentemente autosubsistencial, las evidencias de intensificación e interacción abren la puerta a considerar cierta especialización grupal en cuyo marco, quizás, haya lugar para que parte de estos grupos o fracciones de los mismos se dediquen a la gestión a tiempo completo de los rebaños. El recurrente transitar por una ruta entre las ásperas estepas de la campiña castellana y los pastizales de los altos valles de la cordillera Cantábrica podría haber conducido a que sus protagonistas materializaran en piedra, en forma de menhires, aquellos emplazamientos para ellos más significativos: paradas, referentes visuales, pasos, fuentes, etc.

El análisis espacial de la alineación de menhires no sólo muestra su coherencia interna, lo que permite extrapolar al conjunto la cronología conocida para algunos de sus eslabones, sino que además ofrece varios datos que no desentonan con la hipótesis de la trasterminancia. A falta de otra explicación consideramos ésta, por ahora, como la más plausible dado el conjunto de información que manejamos, aunque todavía está lejos una adecuada resolución del problema arqueológico que plantean estos menhires normeseteños.

Agradecimientos

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a la Junta de Castilla y León por financiar durante estos años las pequeñas intervenciones arqueológicas aquí descritas así como, también, a la Universidad de Valladolid por la ayuda para la asistencia a cursos y congresos que hizo posible la participación de R. Villalobos en el simposio celebrado en Santander.

Referencias

ALLUÉ, E. y EUBA, I. 2008. Los datos antracológicos de la secuencia neolítica de El Mirador (Atapuerca, Burgos): un estudio sobre el medio vegetal y la explotación de las especies vegetales leñosas. En *IV Congreso del Neolítico*

[10] Recientemente una gran piedra con abundantes cazoletas ha podido localizarse en el páramo de Bernorio, a medio camino entre Canto Hito y Sansón, que bien podría corresponderse con uno de estos hipotéticos "menhires perdidos".

Peninsular vol. 1, editado por M. S. Hernández, J. A. Soler, y J. A. López, pp. 345-352. Museo Arqueológico de Alicante, Alicante.

DELIBES DE CASTRO, G. 2010. La investigación de las sepulturas colectivas monumentales del IV milenio A.C. en la Submeseta Norte Española. Horizonte 2007. En *Megalitismo y otras manifestaciones funerarias contemporáneas en su contexto social, económico y cultural*, editado por J. Fernández y J. A. Mújika, pp. 12-56. Aranzadi, San Sebastián.

DELIBES DE CASTRO, G. 2011. *El Pan y la Sal. La vida campesina en el Valle Medio del Duero hace cinco mil años*. Real Academia de Bellas Artes de la Purísima Concepción, Valladolid.

DELIBES DE CASTRO, G., HERRÁN MARTÍNEZ, J. I., SANTIAGO PARDO, J. y VAL RECIO, J. 1995. Evidence for Social Complexity in the Copper Age of the Northern Meseta. En *The Origins of Complex Societies in Late Prehistoric Iberia*, editado por K. T. Lillios, pp. 44-63. International Monographs in Prehistory, Ann Arbor.

DELIBES DE CASTRO, G., MORENO GALLO, M. Á., VILLALOBOS GARCÍA, R. y BASCONCILLOS ARCE, J. 2012. *Piedra Alta. El guardián del tiempo. San Pedro Samuel (Burgos)*. Diputación de Burgos, Burgos.

DELIBES DE CASTRO, G. y PÉREZ RODRÍGUEZ, F. J. 2002. Prehistoria de Palencia. En *Historia de Palencia 1. De la Prehistoria a la Época Medieval*, pp. 12-67. Cálamo, Palencia.

DELIBES DE CASTRO, G. y ROMERO CARNICERO, F. 2011. La plena colonización agraria del Valle Medio del Duero. *Complutum*, 22 (2): 49-94.

ESTREMERA PORTELA, M. S. 2003. *Primeros agricultores y ganaderos en la Meseta Norte: el Neolítico de la Cueva de la Vaquera (Torreiglesias, Segovia)*. Junta de Castilla y León, Valladolid.

GIBAJA BAO, J. F., CRESPO DÍEZ, M., DELIBES DE CASTRO, G., FERNÁNDEZ MANZANO, J., FRAILE MÁRQUEZ, C., HERRÁN MARTÍNEZ, J. I., PALOMO, A. y RODRÍGUEZ MARCOS, J. A. 2012. El uso de trillos durante la Edad del Cobre en la Meseta española. Análisis traceológico de una colección de denticulados de sílex procedentes del 'recinto de fosos' de El Casetón de la Era (Villalba de los Alcores, Valladolid). *Trabajos de Prehistoria*, 69 (1): 133-148.

JIMENO MARTÍNEZ, A. 2001. El modelo de trashumancia aplicado a la cultura de Cogotas I. En *La edad del bronce ¿primera edad de oro de España? Sociedad, economía e ideología*, editado por M. Ruiz-Gálvez Priego, pp. 139-178. Crítica, Barcelona.

MARTÍNEZ-PILLADO, V., ARANBURU, A., YUSTA ARNAL, I., STOLL, H. y ARSUAGA, J. L. 2010. Clima y ocupaciones en la Galería de las Estatuas (Atapuerca, Burgos) en los últimos 14.000 años: relatos de una estalagmita. *Munibe (Antropologia-Arkeologia)*, 61: 89-102.

MORALES MUÑIZ, A. 1992. Estudio de la fauna del yacimiento calcolítico de Las Pozas (Casaseca de las Chanas, Zamora): campaña 1979. *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología*, 58: 65-96.

MORENO GALLO, M. Á. 2004. *Megalitismo y geografía. Análisis de los factores de localización espacial de los Dólmenes de la provincia de Burgos*. Universidad de Valladolid, Valladolid.

MORENO GALLO, M. Á. 2005. Los enterramientos tumulares del Valle de Valdelucio (Burgos), un ejemplo de distribución espacial diferenciada. *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología*, 71: 43-64.

MORENO GALLO, M. Á. y DELIBES DE CASTRO, G. 2007. Dataciones absolutas para un menhir del valle de Valdelucio (Burgos): resultados de un sondeo en el túmulo de «La cuesta del molino». *Zephyrus*, 60: 173-179.

MORENO GALLO, M. Á., DELIBES DE CASTRO, G., LÓPEZ SÁEZ, J. A., MANZANO, S., VILLALOBOS GARCÍA, R., FRAILE VICENTE, A. y BASCONCILLOS ARCE, J. 2012. Nuevos datos sobre una alineación de menhires en el norte de Burgos: el yacimiento de Las Atalayas, en Avellanosa del Páramo (Burgos). *Sautuola*, 16-17: 71-93.

MUÑOZ SOBRINO, C., RAMIL REGO, P., DELIBES DE CASTRO, G. y ROJO GUERRA, M. Á. 1996. Datos paleobotánicos sobre la turbera de La Piedra (Páramo del Tozo, Burgos). En *Biogeografía Pleistocena-Holocena de la Península Ibérica*, editado por P. Ramil Rego, C. Fernández Rodríguez, y M. Rodríguez Guitián, pp. 149-162. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela.

MURRIETA FLORES, P. A., WHEATLEY, D. W. y GARCÍA SANJUÁN, L. 2011. Movilidad y vías de paso en los paisajes prehistóricos: megalitos y vías pecuarias en Almadén de la Plata. En *Tecnologías de la Información Geográfica y Análisis Arqueológico del Territorio*, editado por V. Mayoral Herrera y S. Celestino Pérez, pp. 411-423. Instituto de Arqueología - Mérida, Mérida.

PÉREZ RODRÍGUEZ, F. J. 1989. *Bases para el estudio de la secuencia Neolítico-Bronce en el Alto Pisuerga. La Estratigrafía de Cueva Rubia*. Memoria de Licenciatura en Geografía e Historia, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Valladolid.

RODRÍGUEZ, A. y BUXÓ, R. 2008. Cultivos y alimentación vegetal durante el Neolítico en la Cueva de El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos). En *IV Congreso del Neolítico Peninsular vol. 1*, editado por M. S. Hernández, J. A. Soler, y J. A. López, pp. 317-325. Museo Arqueológico de Alicante , Alicante.

ROJO GUERRA, M. Á., KUNST, M., GARRIDO PENA, R., GARCÍA MARTÍNEZ-DE-LAGRÁN, Í. y MORÁN DAUCHEZ, G. 2008. *Paisajes de la Memoria: Asentamientos del Neolítico Antiguo en el Valle de Ambrona (Soria, España)*. Universidad de Valladolid, Valladolid.

VAL RECIO, J. 1992. El yacimiento calcolítico precampaniforme de Las Pozas, en Casaseca de las Chanas, Zamora. *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología*, 58: 47-62.

VERGÈS, J. M., ALLUÉ, E., ANGELUCCI, D. E., BURJACHS, F., CARRANCHO, Á., CEBRIÁ, A. EXPÓSITO, I., FONTANALS, M., MORAL, S. y VAQUERO, M. 2008. Los niveles neolíticos de la cueva de El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos): Nuevos datos sobre la implantación y el desarrollo de la economía agropecuaria en la Submeseta Norte. En *IV Congreso del Neolítico Peninsular vol. 1*, editado por M. S. Hernández, J. A. Soler, y J. A. López, pp. 418-427. Museo Arqueológico de Alicante, Alicante.

VILLALOBOS GARCÍA, R. 2012. Adornos exóticos en los sepulcros tardoneolíticos de la Submeseta Norte Española. El ejemplo de Las Tuerces como nodo de una red descentralizada de intercambios. En *Actes Xarxes al Neolític*, editado por M. Borrell, F. Borrell, J. Bosch, X. Clop y M. Molist, pp. 265-271. Museu de Gavà, Gavà (Barcelona).

VILLALOBOS GARCÍA, R. (2013). Artefactos singulares de filiación meridional en el Calcolítico de la Meseta Norte Española: un vaso calcáreo procedente de El Fonsario (Villafáfila, Zamora). *Zephyrus*, 71: 131-148.

WHEATLEY, D. W. y GILLINS, M. 2000. Vision, perception and GIS: developing enriched approaches to the study of archaeological visibility. *NATO ASI Series A Life Sciences*, 321: 1-27.

WHEATLEY, D. W. y GILLINS, M. 2002. *Spatial Technology and Archaeology. The archaeological applications of GIS*. Taylor & Francis, London.

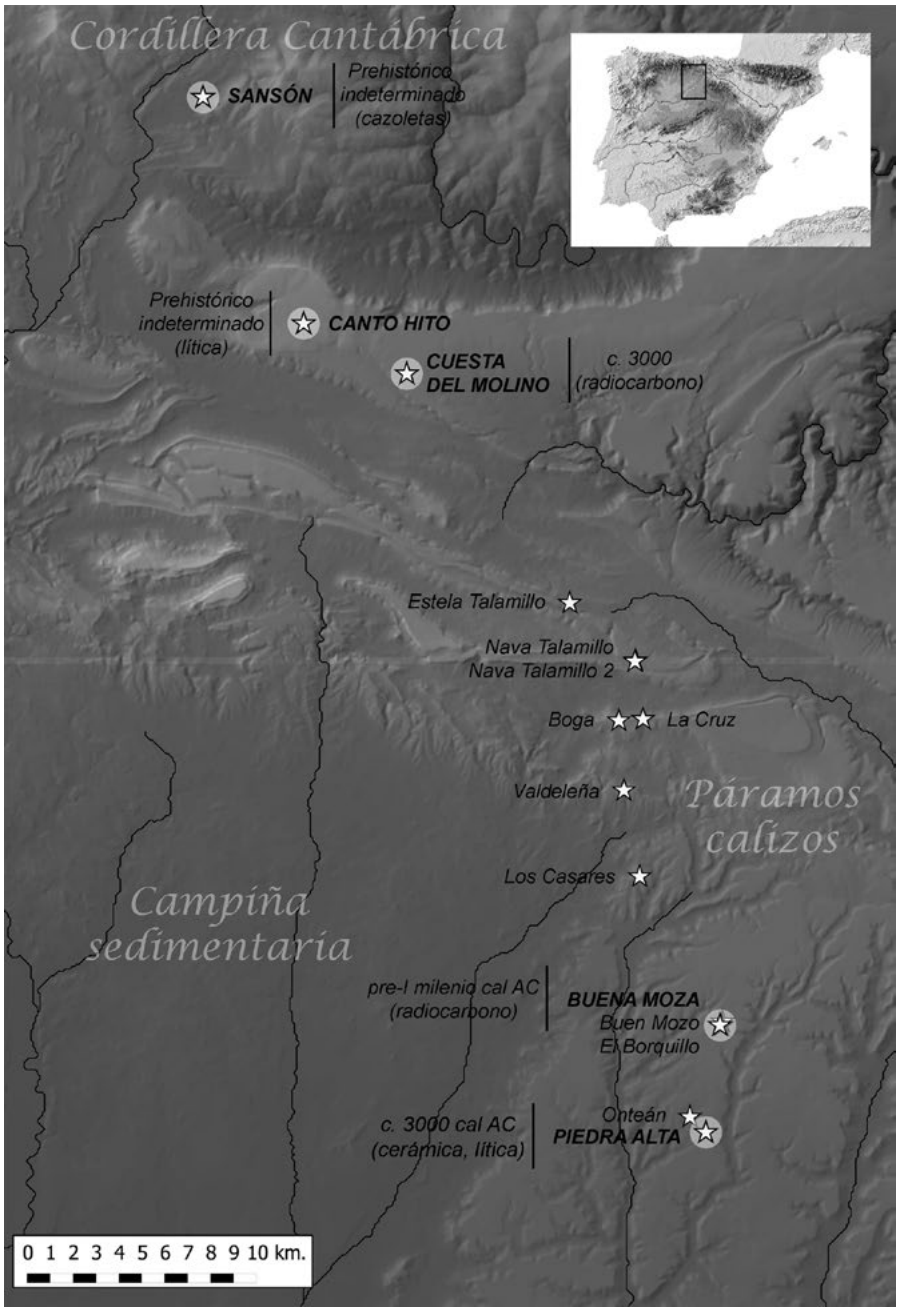
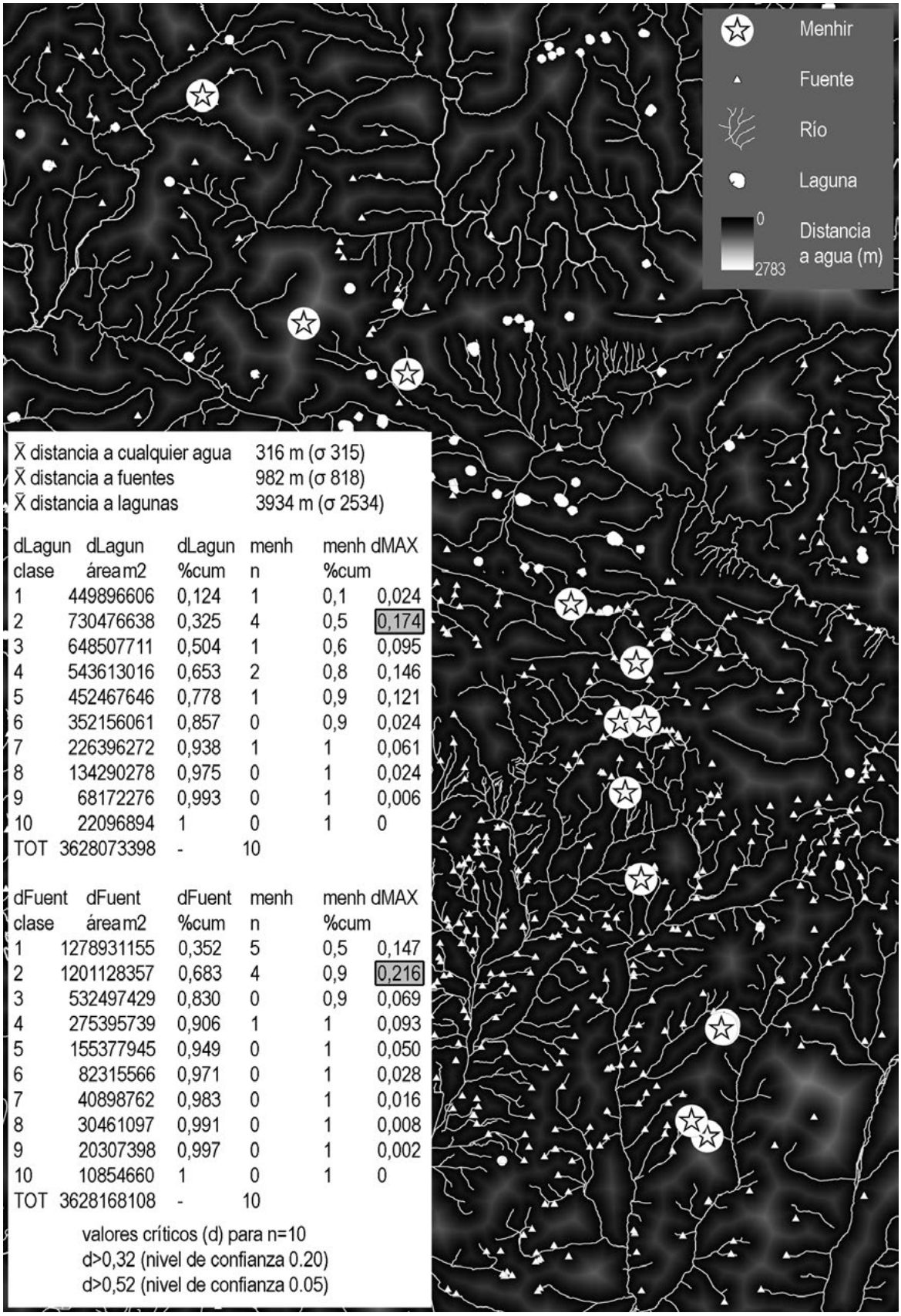


Figura 1. Localización de los menhires conformantes de la alineación atendiendo a los ejemplares excavados (en mayúsculas) y su encuadramiento en el contexto de la península Ibérica.



X̄ distancia a cualquier agua 316 m (σ 315)
X̄ distancia a fuentes 982 m (σ 818)
X̄ distancia a lagunas 3934 m (σ 2534)

dLagun clase	dLagun área m2	dLagun %cum	menh n	menh %cum	dMAX
1	449896606	0,124	1	0,1	0,024
2	730476638	0,325	4	0,5	0,174
3	648507711	0,504	1	0,6	0,095
4	543613016	0,653	2	0,8	0,146
5	452467646	0,778	1	0,9	0,121
6	352156061	0,857	0	0,9	0,024
7	226396272	0,938	1	1	0,061
8	134290278	0,975	0	1	0,024
9	68172276	0,993	0	1	0,006
10	22096894	1	0	1	0
TOT	3628073398	-	10		

dFuent clase	dFuent área m2	dFuent %cum	menh n	menh %cum	dMAX
1	1278931155	0,352	5	0,5	0,147
2	1201128357	0,683	4	0,9	0,216
3	532497429	0,830	0	0,9	0,069
4	275395739	0,906	1	1	0,093
5	155377945	0,949	0	1	0,050
6	82315566	0,971	0	1	0,028
7	40898762	0,983	0	1	0,016
8	30461097	0,991	0	1	0,008
9	20307398	0,997	0	1	0,002
10	10854660	1	0	1	0
TOT	3628168108	-	10		

valores críticos (d) para n=10
d>0,32 (nivel de confianza 0.20)
d>0,52 (nivel de confianza 0.05)

FIGURA 2. DISTRIBUCIÓN DE LOS MENHIRES Y LOS RECURSOS HÍDRICOS SEGÚN EL MTN DEL IGN (FUENTES, RÍOS Y LAGUNAS) Y RESULTADOS DEL TEST DE SIGNIFICACIÓN K-S DESCRITO EN EL TEXTO.

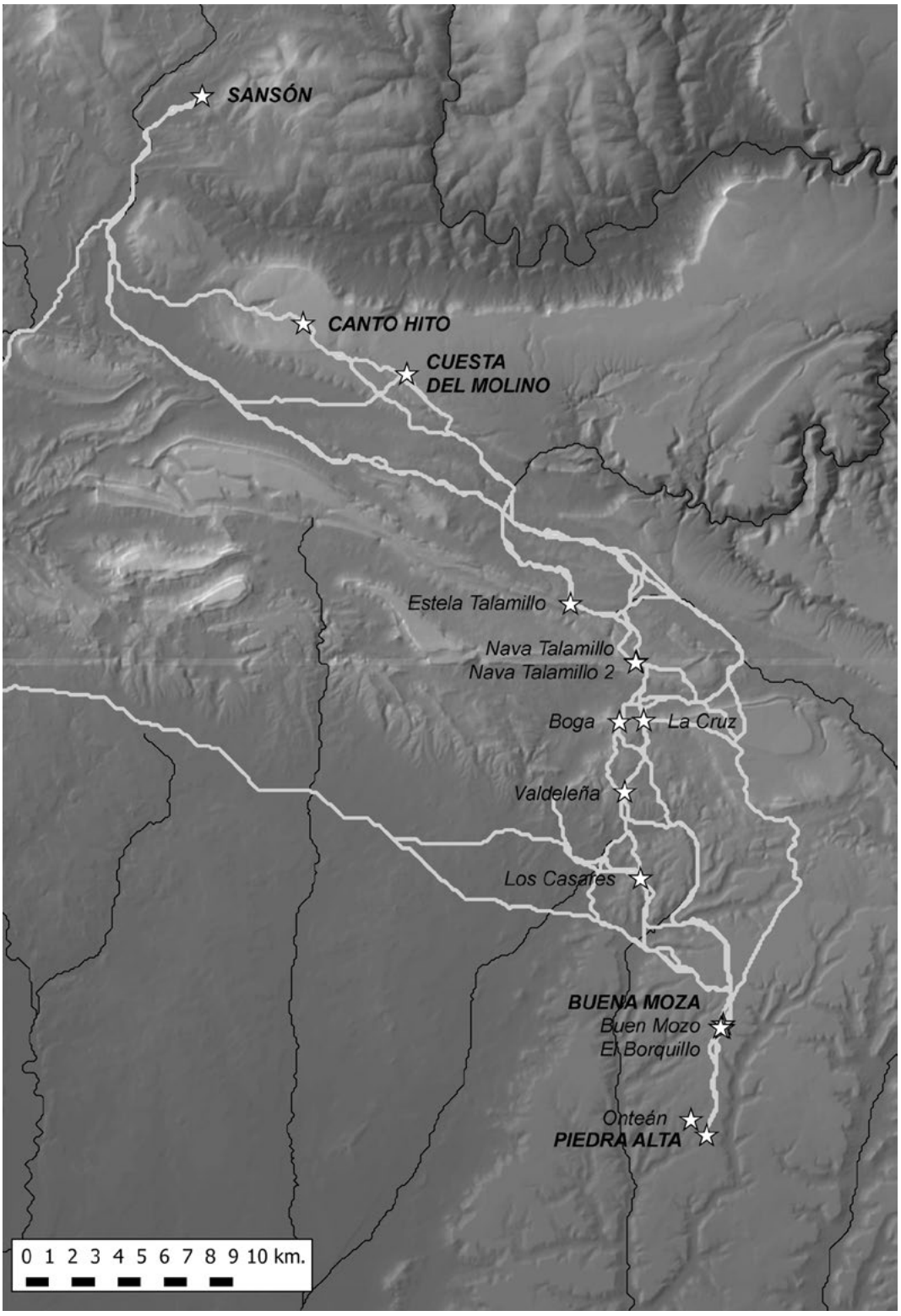


FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN DE LOS MENHIRES Y DE LAS RUTAS DE MENOR COSTE GENERADAS SEGÚN SE DESCRIBE EN EL TEXTO.

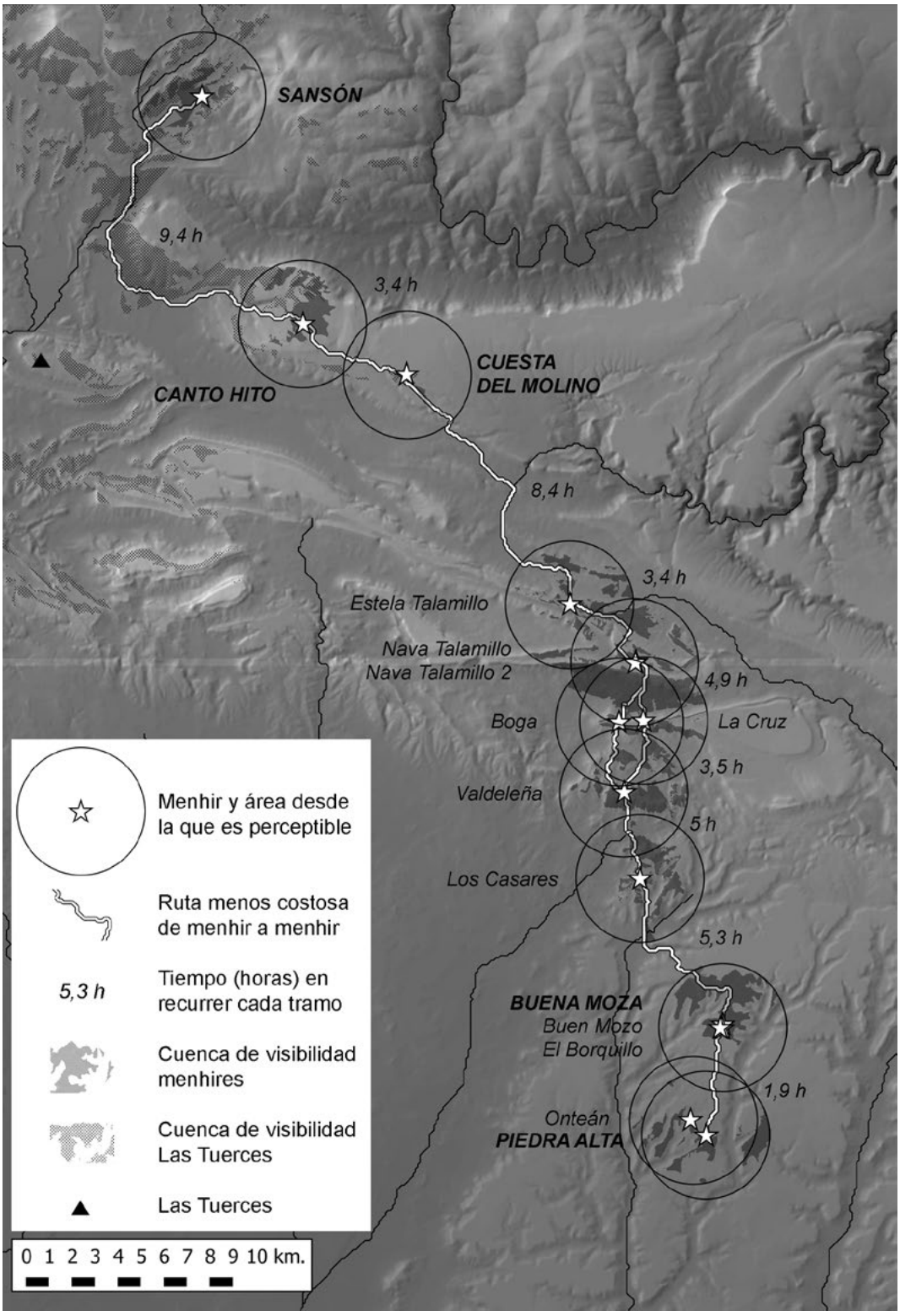


FIGURA 4. DISTRIBUCIÓN DE LOS MENHIRES, DE LA RUTA DE MENOR COSTE MENHIR POR MENHIR, LAS ÁREAS DEL LÍMITE DE LA PERCEPCIÓN, LAS CUENCAS DE VISIBILIDAD Y EL TIEMPO CALCULADO PARA RECORRER CADA TRAMO.

Retos actuales

ARCHAEOPRESS OPEN ACCESS 2015:
ARQUEOLOGÍA Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN ESPACIAL: UNA PERSPECTIVA IBERO-AMERICANA
editores: ALFREDO MAXIMIANO Y ENRIQUE CERRILLO-CUENCA

Renovarse o morir. Un nuevo paradigma para el "Site Catchmen Analysis"

Reinvent yourself or die. A new paradigm for the "Site Catchment Analysis"

Francisco Burillo-Mozota[1]; Fernando Pérez-Lambán; José Luís Peña-Monne y Jesús V. Picazo Millán

Resumen

El "Site Catchment Analysis", uno de los análisis más fructíferos de la Arqueología Espacial, fue presentado en 1972 por el arqueólogo E. S. Higgs y el geomorfólogo C. Vita-Fizi. El SCA establece el territorio económico habitualmente explotado desde un asentamiento. Para lo cual cuantifican las diferentes potencialidades agrológicas dentro de un círculo de 5 km o de una hora andando desde el punto analizado. Estudios posteriores del SCA reducen el territorio a 1 y 3 km. de radio.

La mayoría de los estudios de SCA realizados tienen graves defiencias de partida, lo que cuestionan los resultados. Por una parte, suelen basarse en mapas de clases agrológicas y en evidencias de paisajes recientes, sin apreciar los grandes cambios operados con el tiempo. Por otra, no suelen tener en cuenta el tamaño del asentamiento, ni el número de habitantes. Y, finalmente, no suelen considerarlas peculiaridades de la etapa en estudio: suelos existentes, climatología, tecnología, tipos de cultivos, cabaña ganadera, o las circunstancias sociopolíticas que darían lugar a la generación o no de excedentes.

A partir del análisis del asentamiento de la Edad del Bronce de Los Collados, se presenta una propuesta geoarqueológicas sobre la metodología que debe seguirse en la realización del SCA.

Palabras clave: Territorio de Captación, economías sedentarias, Geoarqueología, Edad del Bronce,

Abstract

"Site Catchment Analysis" was one of the most useful analytical tools offered by the Spatial Archaeology. It was formulated and proposed in 1972 by the archaeologist E.S. Higgs and the geomorphologist C. Vita-Finzi. SCA estimates the economic territory that was regularly exploited by the dwellers of a settlement. For sedentary economies, the agrological potential of the territory within a distance of 5 km from the settlement (or a one hour walk distance) is quantified.

However, most of the SCA studies of sedentary economies prefer an analysis radius of 1 or 3 km. These studies present some key deficiencies in the initial assumptions of the analysis that question their results. The critical problem is frequent use of recent or present maps of agrological classes and topography, ignoring the intense changes suffered by the landscapes through time. Moreover, in most studies, some interesting variables are not taken into account: the size and population of the settlement, past soil characteristics, past agricultural technology, kinds of crops, amount of cattle, past climate or sociopolitical circumstances related to de generation (or not) of surplus.

We present the analysis of a Bronze Age site called Los Collados (Zaragoza, Spain) to show a methodological geomorphological proposal for the SCA with the aim to solve some of the above mentioned deficiencies.

Keywords: Site Catchment Analysis, sedentary economies, Geoarchaeology, Bronze Age.

1. EL ORIGEN DEL SITE CATCHMEN ANALYSIS

El artículo pionero del "Site Catchment Analysis" surge en el marco de la Escuela de Cambridge, fruto de la colaboración entre un arqueólogo, E.S. Higgs, formado en la tradición paleoeconómica de la arqueología inglesa que tiene a J.G.D. Clark (1952) como referente, y un geomorfólogo del Holoceno reciente, C. Vita-Finzi, que ya había publicado en 1969 su tesis

[1] Universidad de Zaragoza, Campus de Teruel, 44001 Teruel, fburillo@unizar.es

doctoral: *The mediterranean valleys. Geological changes in historical times.* De hecho el propio término de captación se aporta desde la geomorfología, pues corresponde al área de la que un río capta las aguas. El objeto del SCA es determinar el área en la que los habitantes de un asentamiento obtienen sus recursos a partir de las características agrológicas del territorio que le rodea.

Los planteamientos teóricos y metodológicos del SCA aparecen bajo el título de "Prehistoric economies: a territorial approach" en el capítulo de teoría del libro editado por E.S. Higgs: *Papers in Economic Prehistory*, primer volumen del proyecto "Early History of Agriculture". Y aunque el método se ha divulgado desde el primer momento como SCA (Jarman 1972) los análisis de captación en sentido estricto no han sido realizados prácticamente nunca y lo que se ha empleado son los análisis de territorio (Ruiz-Zapatero (1988)

Los autores parten de los estudios de territorialidad de los animales y proponen aplicarlos al ser humano, bajo el concepto del área que se explota habitualmente tanto en economías nómadas como en sedentarias. De hecho, será el análisis del territorio lo que permitirá definir la categoría del asentamiento. El estudio realizado por R.B. Lee (1969) sobre los bosquimanos Kung, donde muestra que recogen los alimentos dentro de una distancia aproximada de 10 kms., les sirve de modelo para aplicarlo a las economías nómadas. Los pioneros estudios de J.H. von Thünen (1826) sobre el "estado aislado", planteando las variaciones del uso de la tierra en un modelo ideal modificado por sus recursos, junto con los trabajos de M. Chisholm (1968) sobre los asentamientos rurales modernos, en donde la zona de explotación se sitúa dentro de los 5 kms., configuran el modelo a aplicar en las economías sedentarias. Dado que el medio físico no es uniforme, plantean modificar la circunferencia con centro en el asentamiento por la distancia recorrida en dos horas en las economías nómadas y en una hora en las sedentarias. Esto es, se basan en investigaciones antropológicas y geográficas de comunidades actuales para generar un modelo universal en el espacio y en el tiempo, simplificando el devenir histórico en dos grupos, el de las poblaciones nómadas, esencialmente preneolíticas, y el de los asentamientos estables de economías agrarias.

El modelo que presentan, convertido en un clásico, corresponde al territorio de explotación del Wadi El Mughara, marcando un radio de 5 kms y los límites del recorrido de una hora. Clasifican el entorno en cinco categorias: arable, pastos pobres, buenos pastos/arable potencialmente, zona pantonosa estacional y dunas, señalando los porcentajes de cada uno (Figura 1 C)

Las críticas a esta propuesta de territorialidas la plantean los autores en el propio artículo. Presentan un croquis con el territorio de explotación de una aldea moderna palestina, mostrando que la mayor parte del territorio en cultivo se encuentra dentro del radio de 2 kms., y su distribución no responde a un modelo radial sino al de la repartición de los recursos agrarios que muestran alineados en una franja. De igual manera, reflejan las rutas seguidas en una explotación pastoril sedentaria moderna, en donde los pastos se encuentran en una distancia inferior a los 5 kms y las rutas seguidas se concentran en el territorio occidental analizado (Figura 1 A y B). También se observa los conocimientos geoarqueológicos de C. Vita-Finzi cuando señalan que los cambios geológicos desde el periodo de ocupación pueden haber alterado, por sedimentación o erosión, el carácter de los sucesivos territorios de explotación. O cuando incide en los cambios climáticos, de especial importancia en la etapa paleolítica. Sin embargo, estas apreciaciones no son tenidas en cuenta. Críticas que no siguen en su aplicación, al igual que ocurrirá en estudios posteriores.

La primera aplicación del SCA aparece en el mismo volúmen de *Papers in Economic Prehistory*. Corresponde al trabajo de D. Webley (1972): "Soils and site location in Prehistoric Palestine". El estudio sigue los planteamientos críticos anteriormente expuestos. Parte del análisis del territorio de explotación actual del Tell Gezer, donde observa que se encuentra dentro de dos horas de desplazamiento y la mayor parte en una hora. Y presenta dos propuestas diferentes de explotación. Una para el periodo Neolítico-Calcolítico y otra para la Edad del Bronce Tardío y Primera Edad del Hierro (Fig 2). Otra aportación importante de este autor, que posteriormente no suele seguirse, son las tablas que presenta respecto a la producción de los campos según las épocas y el número de personas que podrían alimentarse. La crítica que puede hacerse a este trabajo es que el marco topográfico de la evolución del territorio que rodea Tell Gezer permanece invariable en el tiempo y retrotraido del presente.

2. PRIMEROS ESTUDIOS SOBRE EL SCA EN ESPAÑA

En el primer Coloquio de Arqueología Espacial, V.M. Fernández-Martínez y G. Ruiz-Zapatero (1984), presentaron la comunicación: "Un análisis de territorios arqueológicos: Una introducción crítica", en donde dan a conocer los fundamentos teóricos del análisis territorial del SCA, que clasifican como teoría de alcance medio, en terminología de Binford (1977). El SCA supone la entrada en escena de la arqueología exterior del yacimiento o "off site". Esto es, corresponde a uno de los precedentes de la posteriormente denominada Arqueología del Paisaje, en su variante económica.

Sintetizan las principales críticas que han surgido desde la primera publicación de 1972, entre a destacar el artículo de D.C. Roper (1979): "The Method and Theroy of Site Catchment Analysis: A Review". Señalan que en los estudios del SCA se trata al hombre como un "estómago bípedo". Que se establece un modelo radial. Que no se tiene en cuenta la variación de los tipos de suelos. Que la relación del porcentaje del suelo con el de explotación no tiene por qué coincidir. Que en la elección de un asentamiento pueden existir otras razones que no sean económicas. Que deben unificarse los datos con los procedentes de la excavación, análisis polínicos, carpológicos y paleontológicos. Y, finalmente, que en estos estudios se considera cada asentamiento como un lugar aislado.

Los mismos autores hispanos (Ruiz-Zapatero y Fernández-Martínez, 1984) realizan una aplicación del SCA, bajo la definición más correcta de análisis territorial, en el mismo Coloquio de AE, con el título de "Patrones de asentamiento en el Bajo Aragón protohistórico". Esto es, aplican una estrategia analítica de AE, por ellos bien conocida, a uno de los territorios base de la tesis doctoral del primero. Plantean la siguiente argumentación en la delimitación territorial: "Para estimar los territorios de explotación, es decir el territorio habitualmente utilizado por las gentes de un poblado para su subsistencia, el módulo tradicional de 5 kms. de radio resulta excesivo puesto que se interfieren los territorios, además si tenemos en cuenta la población de estos asentamientos (entre 200-300 habitantes para los grandes y 60-100 para los pequeños) resulta lógico que el módulo tradicional sea demasiado grande. Reduciendo la escala parece que un radio de 1 km. es el más ajustado, resultando tangenciales los territorios así delimitados".

Continuan más adelante, tras plantear la interesante hipótesis de que el emplazamiento de los enterramientos tumulares aislados pudieron tener un valor simbólico de control de la tierra, señalando: "El análisis del territorio de explotación de uno de los poblados, San Cristobal de Mazaleón, puede considerarse representativo de todos ellos. En un radio de 1 Km. algo más del 50% de la superficie podría ser cultivable pero si se extiende a 2 kms. las posibilidades se reducen a sólo cerca del 30% del territorio. Las tierras cultivables se centran en los suelos aluviales del fondo del Matrarraña y en las plataformas delimitadas por los vales y barranqueras, aunque desde luego puede asegurarse que la erosión ha restringido las zonas cultivables desde mediados del primer milenio a.C.". Tal como presentan en la figura 3 clasifican el territorio de 2 km de radio con tres variables exclusivamente agrarias: arables, potencialmente arables y monte bajo improductivo. La propuesta crítica de los cambios sufridos en este territorio se refieren únicamente a un comentario, el de los procesos erosivos, pero esto no tiene un reflejo en una investigación geoarqueológica y, por lo tanto, la morfología del terreno y los usos del suelo corresponden a los datos actuales.

Otro estudio que se define como SCA presentado a este Coloquio fue el realizado sobre el asentamiento ibérico de Castellones de Ceal (Jaén) con un estudio comparativo con el de Toya (Chapa *et al*. 1984). Sin embargo el territorio queda marcado por un círculo sin escala en donde únicamente crean dos campos como aprovechamiento agrícola, regadío y secano, a partir de la cartografía actual. Es simplemente un marco gráfico en el que se realizan comentarios agroganaderos recientes y se relacionan con los análisis polínicos y faunísticos, señalando la pervivencia económica y el autoabastecimiento agrícola y ganadero. Se completa con los recursos mineralógicos. El análisis de las vias de comunicación y de los materiales importados les lleva a concluir como Toya fue el centro principal del alto Guadalquivir, y como Ceal surge en el proceso de control de la via que lleva hasta el SE.

Una propuesta crítica al estudio de la territorialidad fue presentada por nosotros en este primer Coloquio de AE, en el artículo: "Un estudio sincrónico y diacrónico del poblamiento y el territorio: El proyecto interdisciplinar de Mora de Rubielos (Teruel)", que supuso un avance de las investigaciones realizadas desde 1979 (Burillo *et al.* 1984). Las prospecciones realizadas en el territorio de Salabrosos-Fuenlozana dentro del término municipal de Mora de Rubielos supuso una innovación en España de las estrategias de prospección, pues en una extensión de 469 Ha se identificaron 22 entidades arqueológicas de diferentes épocas. Fue novedoso en la investigación arqueológica la representación de los yacimientos arqueológicos atendiendo a los procesos de alteración sufridos, que daba lugar a que en la mayor parte de ellos no existía una coincidencia entre la dispersión de los materiales y las dimensiones e incluso la ubicación del propio asentamiento (figura 4).

Una de las publicaciones más interesantes de aplicación del SCA se realiza fuera ya de este encuentro, corresponde al estudio sobre el Sureste hispano desde el Neolítico al Bronce Medio realizado por Gilman y Thornes en 1979 y publicado en 1985. La investigación parte de un problema cómo explicar: "el sureste de España, la zona más árida de Europa y en nuestros tiempos una de las más pobres ha producido una de las secuencias prehistóricas más ricas del continente". Deshechan cualquir influencia externa en el proceso de complejidad social y atribuyen a los efectos sociales del regadío el desarrollo económico de este territorio. Para confirmar esta hipótesis señalan como idóneo la aplicación de un "analisis de captación económica (ACE)" o SCA. Lo aplican a 35 localidades y subdividen el territorio en zonas isocrónicas de 12, 30 y 60 minutos. En cada uno de ellos desarrollan un mapa de las diversas zonas potenciales de para la producción agrícola: regadío, secano o monte (improductivo). Los resultados validan su hipótesis llegando a la conclusión de que los cultivos de regadío se intensifican con el tiempo. Sin embargo, pensamos que esta propuesta se basa en supuestos erróneos. Pues si bien reconocen que parten de los datos actuales y la necesidad de establecer cuales han sido los cambios

medioambientales, sin embargo dan por hecho que la aridez no ha cambiado por ser resultado de la orografía general de la región. Analizan tres factores que han producido cambios: la degradación de la vegetación, la erosión y la modernización de la agricultura. Afirman que, "la erosión no ha efectuado cambios importantes en la extensión de la tierra", lo cual es totalmente erróneo como demostramos en nuestro último capítulo al estudiar los cambios morfológicos que se han producido desde la Edad de Bronce en un territorio de aridez extrema como el el centro de la depresión del Ebro.

Otra crítica a este trabajo la realiza Francisco Nocete (1994, 1997) en el postulado teórico sobre el que se intenta estudiar el discurso histórico: "Gilman y Thormes, a la búsqueda de los modelos wittfogelianos de explicación de la "cultura" y el Estado, bajo los presupuesto de una agricultura de regadío con las consecuentes obras públicas que manifestaría la acción política, les basta la anterior terna (hace referencia a la clasificación de irrigable, arable, no apto) y, es más, no sólo les basta, sino que le es necesaria para encontrar el "cambio cultural" y la vía de explicación de las "sociedades complejas" en una potencial irrigación del suelo, rozando las teorías adaptativas de la "cultura". Pero la irrigación es una acción tecnológica que no podemos plantear cuando la documentación arqueológica aún está en los primeros niveles de definición de los contextos materiales y cronológicos, como ocurre en el Sureste."

3. DESARROLLO DEL SCA

Un salto cualitativo importante en el SCA es el realizado por Francisco Nocete (1989) en su tesis doctoral sobre *La formación del Estado en las Campiñas del Alto Guadalquivir (3.000-1.500 a.n.e.)*. La aplicación del materialismo histórico al proceso diacrónico de esta etapa histórica se basó esencialmente en los datos procedentes de la prospección arqueológica. Para analizar las variaciones temporales en la ocupación del territorio propuso una estrategia analítica que marcará un nuevo enfoque en los estudios de Arqueología Espacial, al integrar el tiempo en el espacio. Para lo cual, y siguiendo la metodología planteada por su director de tesis, Francisco Contreras (1984), aplica los Análisis Multivariantes (AM) a dos ámbitos del medio natural, el lugar de asentamiento y el potencial agronómico.

Los AM son una rama de la estadística que trata de las relaciones entre conjuntos de variables dependientes y los individuos que las presentan. Este método permite una enorme validez de clasificación, a través de la creación de unidades de significado mediante la estipulación de redundancias, con el fin de crear clases y agrupaciones. Con lo cual se trabaja con las variables correspondientes a todos los asentamientos dentro de una expresa valoración: "debemos destacar la gran validez del SCA como técnica exploratoria de probabilidad para muestreos de superficie, al generar tendencias referenciales de alto valor inferencial. En esta situación , y para que el registro sea constratable, el primer paso es la definición de la superficie a cuantificar, tomando como centro el asentamiento… Para que nuestros análisis puedan ser contrastables, hemos usado radios de 1, 3 y 5 km. a fin de cuantificar, no la captación de recurso, sino la probabilidad de intervención agraria en función a la distancia." (Nocete 1994, 201).

Sin embargo, en el análisis del potencial agronómico del territorio parte de una estabilidad fruto de la ausencia de estudios geoarqueológicos que, como en el caso anterior de Gilman y Thornes, cuestionamos: "Existe una certeza de homologación suelos actuales-suelos prehistóricos que surge de la gran homogeneidad que rige el espacio de la Campiña, en ese perfil suave de bajas pendientes que enmarcn leves procesos de erosión y, de alguna forma, extrapolables y generalizables a toda el área, con sólo una posible dirección a favor de la sedimentación del fondo de los valles con los materiales resiudadles de las cercanas y poco elevadas lomas. Sin embargo, la documentación de esas teóricas causas sedimentarias que forman los grandes valles desde el Tercer Milenio a.n.e., advierte la escasa entidad de los procesos." En consonancia con la crítica expresada al trabajo de Gilman y Thormes defiende que en la Campiña la irrigación ha sido un hecho reciente, por lo que reducir la potencialidad del secano a sólo dos variables (arable y no apto) "no sólo muestran su ambigüedad, sino que impiden el contraste y definición de las distintas estrategias económicas que una cuantificación precisa de los suelos permite. Pero en neustro caso, el problema es mucho mayor, puesto que todos los suelos de Campiña son arables" (Nocete 1994, 198). El autor se crea una falsa seguridad partiendo del mapa edafológico actual de la Campiña que recoge un total de 23 tipos de suelos, que agrupa atendiendo a su potencialidad agronómica en cinco tipos: excelente, bueno, medio, pobre y extremadamente pobre, lo que unido a la invariabilidad morfológica y climática por él defendida, hacen cuestionables los resultados.

No obstante, este autor aporta una propuesta de análisis de relación del asentamiento con el medio natural que resulta más objetiva, puesto que la variabilidad o no ha existido o puede corregirse más fácilmente, y que puede anular la utilización del SCA si no se realizan los análisis geoarqueológicos precisos. Nos referimos a la "Unidad Geomorfológica del Asentamiento" o UGA (Nocete 1996). Estableció nueve tipos de variables con las que conseguir los índices sobre los que aplicar los Análisis Multivariantes, agrupados en tres supuestos: la definición de la UGA sobre su entorno orográfico, para determinar si en la elección del emplazamiento intervienen factores de control estratégico; la forma de la UGA y sus pendientes y, finalmente, la magnitud de la invención humana.

La tesis doctoral de uno de nosotros (Picazo 1990), realizada sobre la Edad del Bronce en el Sistema Ibérico Turolense es deudora de las estrategias analíticas desarrolladas por Nocete, con aplicación de los AM a los asentamientos localizados en dicho territorio. El avance analítico que se realiza es simplificar los índices de análisis y unificar en nueve variables los correspondientes al lugar del asentamiento o UGA y los del potencial agronómico que, sensu estricto es el SCA. Tres variables se dedican a la superficie de los suelos agrícolas, dentro del radio de 1, 3 y 5 km, presentando en cada uno de los círculos 8 clases agrológicas según su potencialidad agrícola. La crítica es obvia, pues se parte de la cartografía actual y no existe un estudio geoarqueológico que reconstruya las características edáficas del momento en estudio.

Pero estas propuestas metodológicas de aplicación de los AM no son seguidas en el campo de la Protohistoria, donde encontramos el desarrollo de importantes tesis doctorales basadas en el estudio de un territorio en las que se analiza la potencialidad agrológica del entorno de los asentamientos a partir de la cartografía actual. Jesús R. Álvarez Sanchís (1999) en su estudio sobre los vettones y dado el carácter ganadero de estas poblaciones establece una división del territorio con tres variables: pastos de tierras de labor e improductivo, con círculos de 1, 2 y 5 kms. La única síntesis comparativa la establece con las esculturas zoomorfas con las variables de porcentajes de pastos y tierras cultivables en los tres territorios en que habitaron los vettones: valle de Ámbles, Occidente de Salamanca y valle medio del Tajo.

En el año 2002 publican otras dos tesis doctorales que serán un referente en la aplicación de estrategias de la Arqueología Espacial al estudio de un territorio. La de César Parcero Oubiña tiene el subjetivo título de *La construcción del paisaje social en la Edad del Hierro del Noroeste Ibérico*. Del amplio territorio del Noroeste se centra en tres zonas: Campo Lameiro, Friol y A Coruña. Los 16 tipos de clases de suelos, identificados a partir de la cartografía actual, los agrupa en tres tipos de aprovechamiento potencial: intensivo, extensivo y nulo. Esta clasificación que aparece en un mapa de síntesis queda reflejada de forma individual en cada uno de los yacimientos, de los que establece los porcentajes en círculos de 800 m, 2 km y 15 min (sic). Los dos tipos de asentamientos castreños identificados se reflejan en dos cartografís donde se marca el aprovechamiento extensivo e intensivo, sin análisis estadístico que apoyen los comentarios realizados.

Ignacio Grau Mira publica su tesis con el título: *La organización del territorio en el área central de la Contestania Ibérica*, que puede presentarse como uno de los trabajos pioneros de aplicación de SIG al estudio de un territorio. Sin embargo, la introducción de los datos adolecen, como los anteriores estudios, de partir de sus evidencias actuales y no de las existentes en la época de estudio, por lo que el SIG únicamente lo que hace es facilitar la elaboración de los porcentajes que en trabajos anteriores, como el de Picazo, debían hacerse manualmente, ello ha supuesto un ahorro de tiempo pero no un avance metodológico. Fija el área de captación en torno a un área circular de radio de 5 km. Parte de la cartografía de capacidad de usos de suelo, que agrupa en cuatro categorías según su uso agrario actual: muy alta, alta, media y baja. La cual aplica a cada uno de los yacimientos y en su análisis comparativo señala la existencia de tres modelos de explotación diferente: secano con complemento ganadero y forestal, secano con aprovechamiento intensivo en vega y secano en equilibrio con un aprovechamiento ganadero y forestal.

4. UN ANÁLISIS CRÍTICO AL SCA DESDE LA GEOARQUEOLOGÍA

La realización de la tesis doctoral de uno de nosotros (Pérez-Lamban 2013) bajo la dirección de otros dos de los autores (Burillo y Picazo) con el título: *La Edad del Bronce en los cursos bajos de los ríos Huerva y Jalón: Geoarqueología y análisis espacial de los asentamientos*, ha permitido realizar un estudio crítico al SCA. En este trabajo se ha aplicado análisis cuantitativos al estudio de la relación de los dos sistemas principales: el paleoambiental y el de los asentamientos de la Edad del Bronce. La naturaleza de esta relación se considera desde un punto de vista espacial, es decir, se atiende a la relación espacial entre ambos sistemas.

La herramienta utilizada para realizar los análisis espaciales ha sido un SIG en el que se han modelizado y analizado las variables. El planteamiento básico es que una serie de mediciones y valores de dichas variables pueden servir para caracterizar y describir una porción de la superficie terrestre. Dos aspectos claves son la selección de las variables y la definición de la superficie analizada, considerada como una mera unidad de análisis, que se ha fijado en un área circular de 3 km de radio alrededor del yacimiento. El tamaño de esta área se ha fijado en función de las características de la zona de estudio, para que muestre la variabilidad del entorno pero que no sea tan grande como para reflejar gran parte la variabilidad de la zona de estudio dando resultados homogeneizadores. Por otro lado, la utilización de unidades de análisis isomorfas facilita la comparación de casos.

El planteamiento analítico expuesto, esto es, caracterizar las superficies entorno a los yacimientos, guarda semejanzas metodológicas con los SCA, también conocidos como *Análisis de Captación de Recursos* (Clarke 1984, 110-112; García Sanjuán 2005, 203-209), pero difiere de estos en la consideración de las variables y en el significado atribuido al área estudiada. El *entorno* es una unidad analítica que no aspira representar el área de explotación de la comunidad que habitaba el asentamiento a partir del que se define. Por otro lado, no se pretende que las variables analizadas expresen la potencialidad económica del entorno, sino caracterizar dicho entorno en función de factores críticos para el asentamiento.

La interpretación de dichos entornos será un paso posterior. Este planteamiento evita una de las críticas esgrimidas, justamente, contra el SCA, a saber, que extrapola a las sociedades pretéritas un esquema racional capitalista actual. En el caso del análisis de entornos que se plantea no se produce esta extrapolación, pues no se busca un significado económico de los mismos sino simplemente una descripción cuantitativa que permita ver tendencias y agrupaciones. Otro problema habitual de los SCA derivado de la metodología y datos normalmente disponibles pero no consustanciales a su concepto, es el actualismo de las variables (generalmente tipos de usos y calidades de suelo) que emplea. En este trabajo se ha intentado evitar esto mediante la reinterpretación del paisaje actual en función de la reconstrucción paleoambiental y mediante la selección de variables, como la geomorfología, que inherentemente son informativas de los procesos de cambio de tal paisaje.

La reconstrucción ambiental realizada en esta investigación ha puesto de manifiesto la importancia de contar con estudios paleoambientales para poder interpretar correctamente las sociedades del pasado. El panorama ambiental de la Edad del Bronce en la zona de estudio difiere notablemente del actual, y es necesario conocer sus características pasadas para entender las dinámicas de poblamiento prehistóricas. En resumen, la bajo un clima progresivamente más frío y húmedo, la Depresión del Ebro estaba poblada por un bosque más o menos abierto de pinar con parches de coscoja y una vegetación de ribera vigorosa y árboles caducifolios que probablemente no sólo flanqueaban los ríos principales sino también alguno de los barrancos principales. Esta mayor cobertura vegetal permitía el desarrollo y conservación de suelos hoy desaparecidos que harían explotables agrícolamente zonas que hoy son improductivas, como las superficies de erosión de yesos. La red de drenaje no ha variado sustancialmente, sin embargo los barrancos presentarían rellenos menores que los actuales ya que la mayor parte del depósito se forma con posterioridad al periodo estudiado. Paralelamente, las plataformas de caliza miocena tendrían mayor desarrollo superficial, pues sus escarpes han retrocedido unos 4 m desde entonces. Un nivel de base menor en los barrancos y una posición más avanzada de los escarpes conferiría a las laderas una pendiente un poco más pronunciada que la actual, pero de diferente morfología como resultado de la regularización que se inicia a finales del Calcolítico y crea las laderas del Bronce.

Evidentemente hay que tener en cuenta estas condiciones para valorar las posibilidades subsistenciales de los yacimientos que encontramos hoy en zonas relativamente inhóspitas, secas y yermas. La figura 7 referente a uno de los yacimientos estudiados, Los Collados, muestra la divergencia que puede haber entre la situación actual y la reconstrucción del pasado. En ella se indican los aprovechamientos agrícolas actuales, que suponen una proporción muy pequeña de la superficie y que se localizan principalmente sobre los rellenos de val, una superficie geomorfológica inexistente o poco desarrollada en la Edad del Bronce. La reconstrucción paleoambiental muestra como estas zonas tendrían escaso interés en la Edad del Bronce, pues serían más reducidas, además de contar con los problemas de la dinámica propia del barranco en un ambiente más húmedo. Sin embargo, habría otras superficies aprovechables para la agricultura de secano, como son las zonas llanas sobre los yesos o sobre las calizas, que entonces estarían menos degradadas y conservarían un suelo fértil. Además, las laderas, aunque excesivamente abruptas para el cultivo sin un sistema de terrazas, ofrecerían recursos forestales y pastos, aunque asumiendo un riesgo erosivo si se reducía demasiado la cobertura vegetal.

Esta divergencia entre los aprovechamientos actuales de un territorio y las reconstrucciones paleoambientales suponen un reto para el análisis arqueológico y un serio problema para la aplicación tradicional SCA que, como hemos demostrado, precisa un riguroso estudio paleoambiental y geoarqueológico para una correcta interpretación.

Agradecimientos

Este trabajo se desarrolla dentro del Grupo de Excelencia Hiberus y de los Proyectos I+D: HAR2012-36549 (*Segeda y la Serranía Celtibérica: de la investigación interdisciplinar al desarrollo de un territorio*) y HAR2012-36967 (*Dinámica de la ocupación prehistórica del valle medio del Ebro durante el Holoceno Superior*), financiados por el Ministerio de Educación y Ciencia y los fondos FEDER.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ-SANCHÍS, J.R.. *Los Vettones*. Real Academia de la Historia, Madrid.

BINFORD, L.R.. 1977. *For theory building in Archaeology*. Academic Press, New York.

BURILLO-MOZOTA, F.. 1996. Prospección Arqueológica y Geoarqueología. *Arqueología Espacial* 15: 67-81.

BURILLO, F.; JUSTE, N.; PEÑA, J.L.; PERALES, P.; PORRO, J.; PICAZO, J.; RUIZ, E. y SANCHO, A.. 1984. Un estudio sincrónico y diacrónico del poblamiento y el territorio: El proyecto interdisciplinar de Mora de Rubielos (Teruel). *Arqueología Espacial* 1: 187-205.

BURILLO, F. y LÓPEZ, R.. 2005-2006. Una propuesa cuantitativa de descripción de los asentamientos para un sistema de información geográfica. *Kalathos* 24-25: 69-84.

CONTRERAS, F.. 1984. Clasificación y Tipología en Arqueología. El camino hacia la cuantificación. *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada* 9: 327-385.

CHAPA, T.; FERNÁNDEZ, M.; PEREIRA, J. y RUIZ, A., 1984. Análisis económico y territorial de los Castellones de Ceal (Jaén), *Arqueología Espacial* 1: 223-235.

CHISHOLM, M.. 1968. *Rutal Settlement and Land Use*, 2ª Ed. London. Hutchinson.

CLARK, J.G.D.. 1952. *Prehistoric Europe: The Economic Basis*. Methuen, London

CLARKE, D.L.. 1984. *Arqueología Analítica*. Ediciones Bellaterra, Barcelona.

FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, V.M. y RUIZ-ZAPATERO, G.. 1984. Un análisis de territorios arqueológicos: Una introducción crítica. *Arqueología Espacial* 1: 55-71.

GARCÍA-SANJUAN, L.. 2005. *Introducción al Reconocimiento y Análisis Arqueológico del Territorio*. Editorial Ariel, Barcelona.

GRAU-MIRA, I.. *La organización del territorio en el área central de la Contestania Ibérica*. Universidad de Alicante.

GILMAN-GUILLEN, A. y THORNES, J. B.. 1985. *El uso del suelo en la prehistoria del sureste de España*. Fundación Juan March, Madrid.

HIGGS, E.S. & VITA-FINZI, C.. 1972. Prehistoric economies: a territorial approach. En *Papers in Economic Prehistory*, editado por E.S. Higgs, pp. 27-36. Cambridge at the University Press.

JARMAN, M.R.. 1972. A territorial model for archaeology: a behavioural and geographical approach. En *Models in Archaeology* editado por D.L. Clarke, pp. 705-733. Methuen & Co, London.

LEE, R.B.. 1969. Kung Bushman subistence: an input-output analysis. En *Enviroment and Cultural Behaviour*, editado por A.P. Vayda, pp. 47-79. Natural History Press, Garden City, New York.

NOCETE, F.. 1989. *El Espacio de Coerción. La transición al Estado en las Campiñas del Alto Guadalquivir (España) 3000-1500 a.C.*. BAR. Monographs on Sanish and Portuguese Archaeology 1, Oxford.

NOCETE, F., 1994. *La formación del Estado en las Campiñas del Alto Guadalquivir (3.000-1.500 a.n.e.)*.Universidad de Granada.

NOCETE, F.. 1996. Un modelo de aplicación de análisis multivariante a la prospección arqueológica: La definición de la Unidad Geomorfológica donde se establece el Asentamiento. *Arqueología Espacial* 15: 7-35.

PARCERO OUBIÑA, C.. 2002. *La construcción del paisaje social en la Edad del Hierro del Noroeste Ibérico.* Instituto de Estudios Galegos Padre Sarmiento, Santiago

PEÑA, J.L.; LONGARES, L.A., PÉREZ-LAMBÁN, F.; PICAZO, J. V.; BURILLO, F. & RODANÉS, J.M.. 2013. Landscape changes and geoarchaeological interpretation of four large archaeological sites in North-esatern Iberia. En *Non-destructive approaches to complex archaeological sites in Europe: around-up*, editado por F. Vermeulen & C. Corsi, pp. 87-88. Radio-Past Colloqium, Ghent University.

PEREZ-LAMBÁN, F.. 2013. *La Edad del Bronce en los cursos bajos de los ríos Huerva y Jalón: Geoarqueología y análisis espacial de los asentamientos*. Universidad de Zaragoza (tesis doctoral, inédita).

PICAZO-MILLÁN, J.V.. 1990. *La Edad del Bronce en el Sur del Sistema Ibérico Turolense*, inédita.

PICAZO-MILLÁN, J.V.. 1998. Estadística multivariante y análisis territoriales. Su aplicación para el Estudio de la Edad del Bronce en Teruel. *Citerior* 2: 29-75.

RUIZ-ZAPATERO, G.. 1988 L´Escola Paleoeconomica de Cambridge. *Corrents Teòrics en Arqueologia*, pp. 62-83. Columna, Barcelona.

RUIZ-ZAPATERO, G.. 1988, La prospección arqueológica en España: Pasado, presente y futuro. *Arqueología Espacial* 12: 33-47.

RUIZ-ZAPATERO, G. y FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, V.M.. 1984. Patrones de asentamiento en el Bajo Aragón protohistórico. *Arqueología Espacial* 4: 43-63.

ROPER, D.C.. 1979. The Method and Theroy of Site Catchment Analysis: A Review. *Method and Theory* 2, pp. 119-139. Academic Press.

THÜNEN, J.H. VON. 1826. *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalokonomie*. Berlín.

WEBLEY, D..1972. Soils and site location in Prehistoric Palestine. En *Papers in Economic Prehistory*, editado por E.S. Higgs, pp. 169-180. Cambridge at the Univeristy Press.

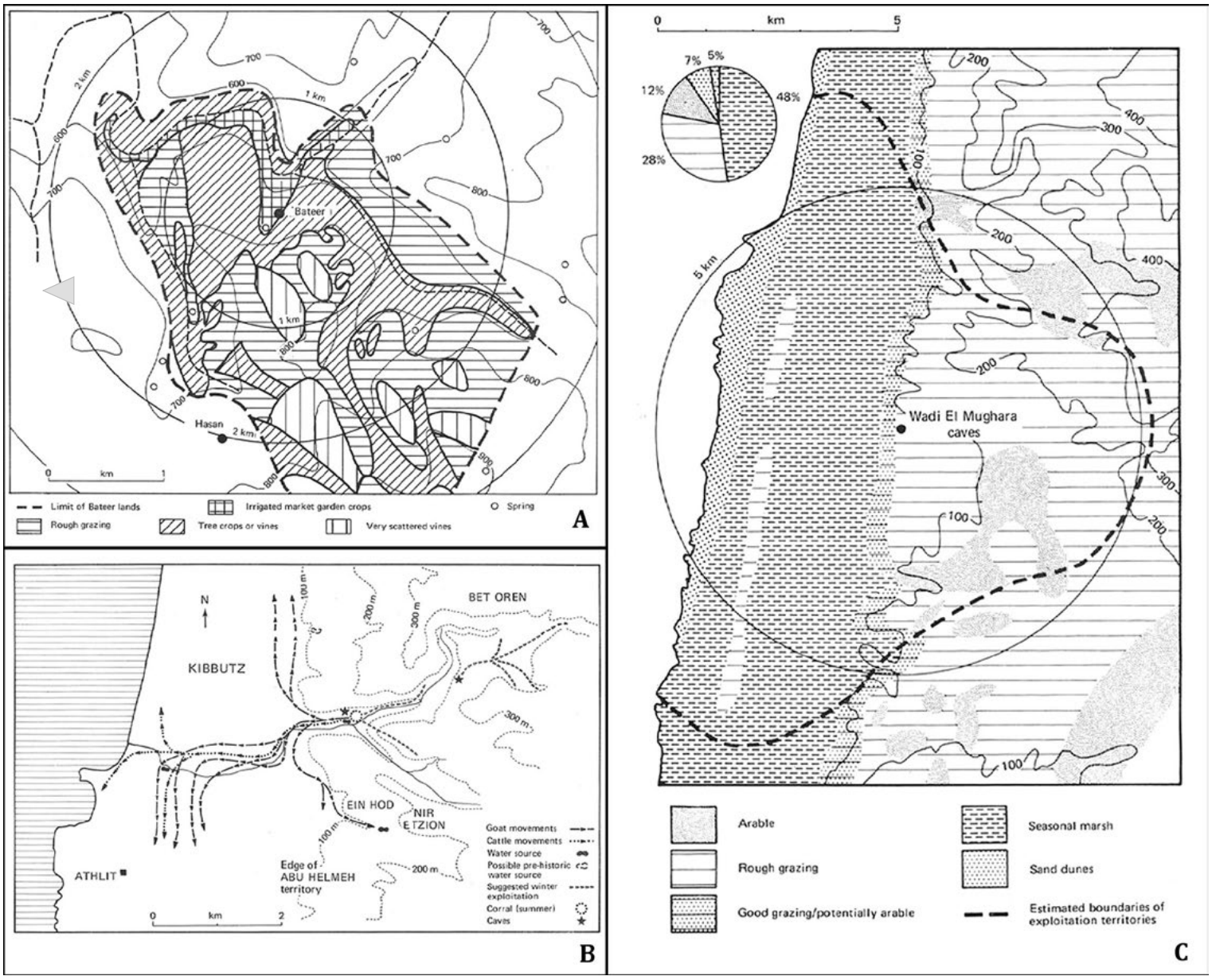


FIGURA 1. A) TERRITORIO AGRÍCOLA DE UNA ALDEA MODERNA DE PALESTINA. B) TERRITORIO DE EXPLOTACIÓN PASTORIL MODERNO DESDE NAHAL OREN. C) CLASIFICACIÓN DE LOS USOS DEL SUELO EN EL WADI EL MUGHARA (HIGGS Y VITA FINZI, 1972, FIG.1, 2, Y 4).

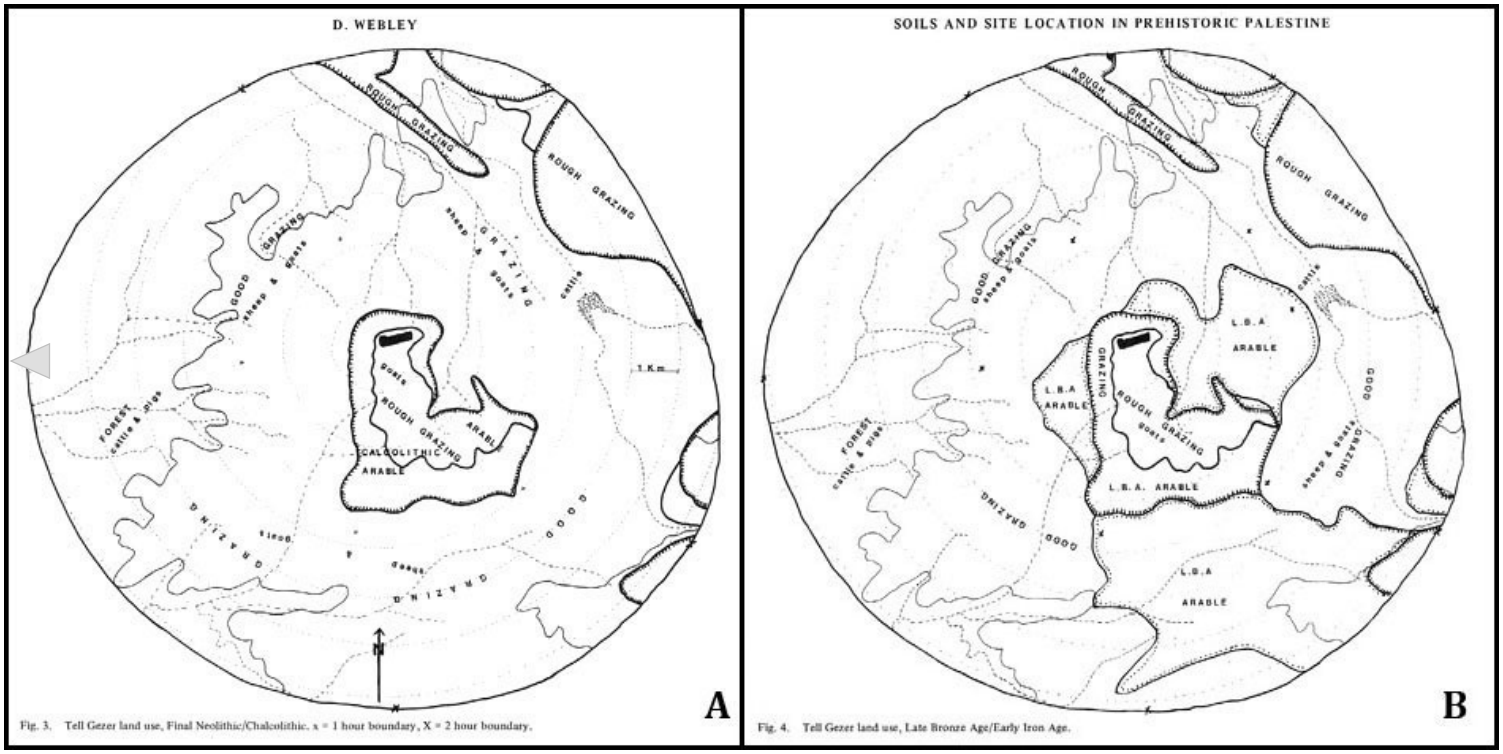


Fig. 3. Tell Gezer land use, Final Neolithic/Chalcolithic. x = 1 hour boundary, X = 2 hour boundary.

Fig. 4. Tell Gezer land use, Late Bronze Age/Early Iron Age.

FIGURA 2. USO DEL SUELO EN TORNO A TELL GEZER (PALESTINA), X = LÍMITE DE 1 HORA, X = LÍMITE DE 2 HORA. A) NEOLÍTICO FINAL / CALCOLÍTICO. B) EDAD DEL BRONCE TARDÍO / PRIMERA EDAD DEL BRONCE (WEBLEY, 1973, FIG. 3 Y 4).

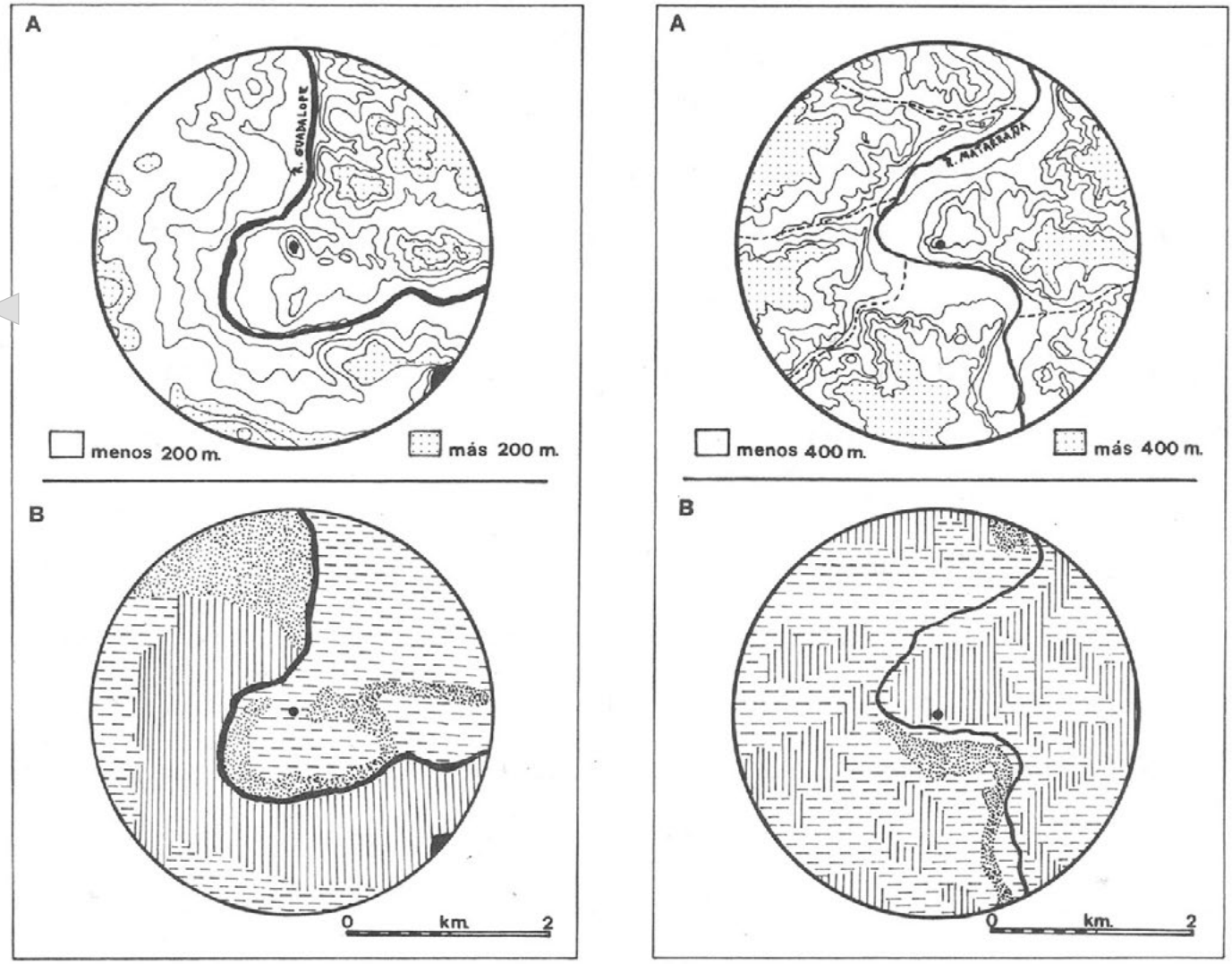


FIGURA 3. "SITUACIÓN TOPOGRÁFICA Y ANÁLISIS TERRITORIAL DE EL CABEZO DE MONLEÓN (IZQUIERDA) Y SAN CRISTOBAL DE MAZALEÓN (DERECHA). OBSÉRVESE LA SIMILITUD TOPOGRÁFICA Y DE RECURSOS: PUNTEADO = SUELOS ARABLES, RAYADO VERTICAL = SUELOS POTENCIALMENTE ARABLES Y RAYADO HORIZONTAL = MONTE BAJO, IMPRODUCTIVO" (RUIZ-ZAPATERO Y FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, 1984, FIG. 44).

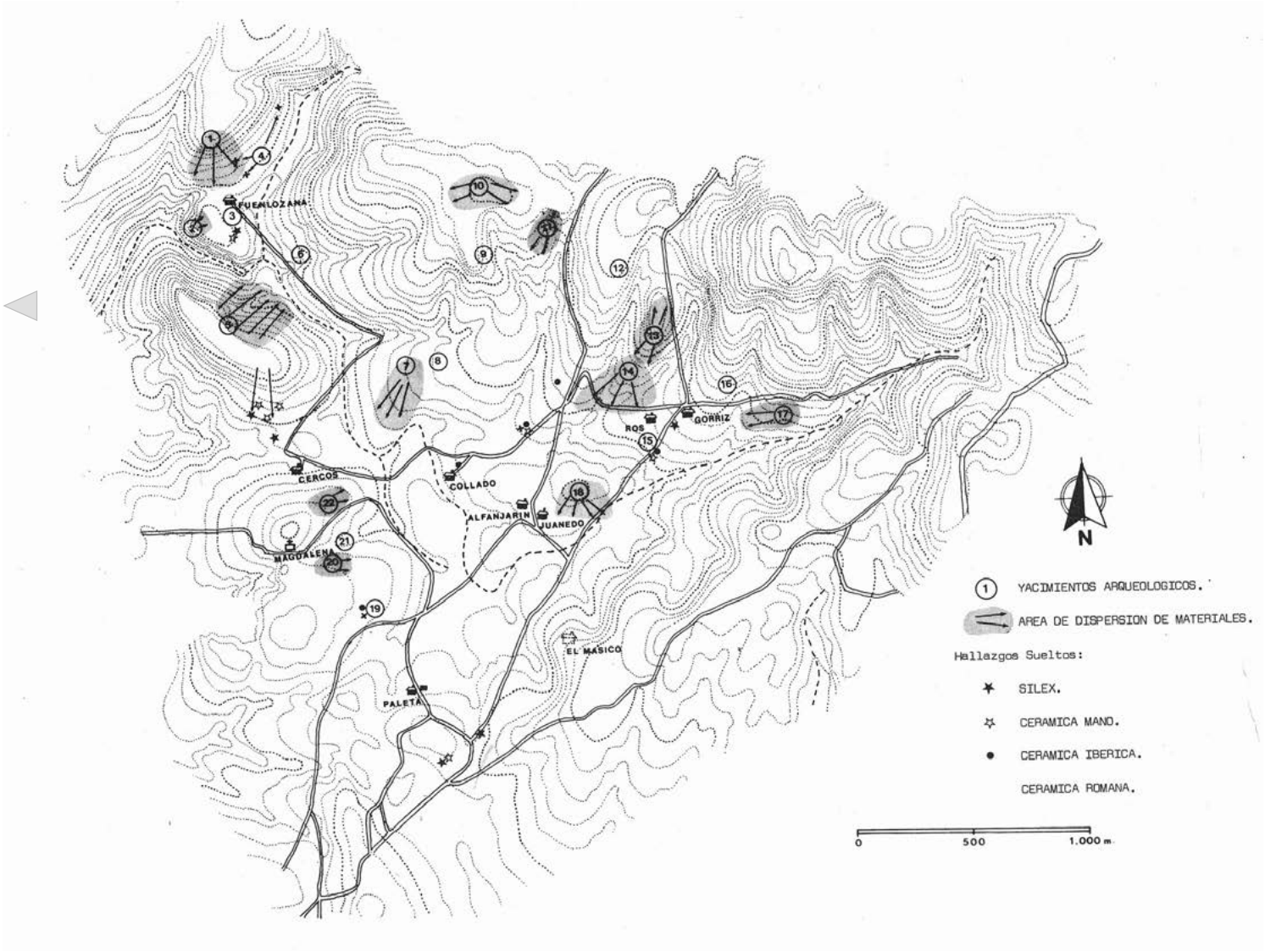


FIGURA 4. HALLAZGOS ARQUEOLÓGICOS EN EL TERRITORIO SALABROSOS-FUENLOZANA (MORA DE REUBIELOS, TERUEL). (F. BURILLO *ET AL*, 1984, FIG.2).

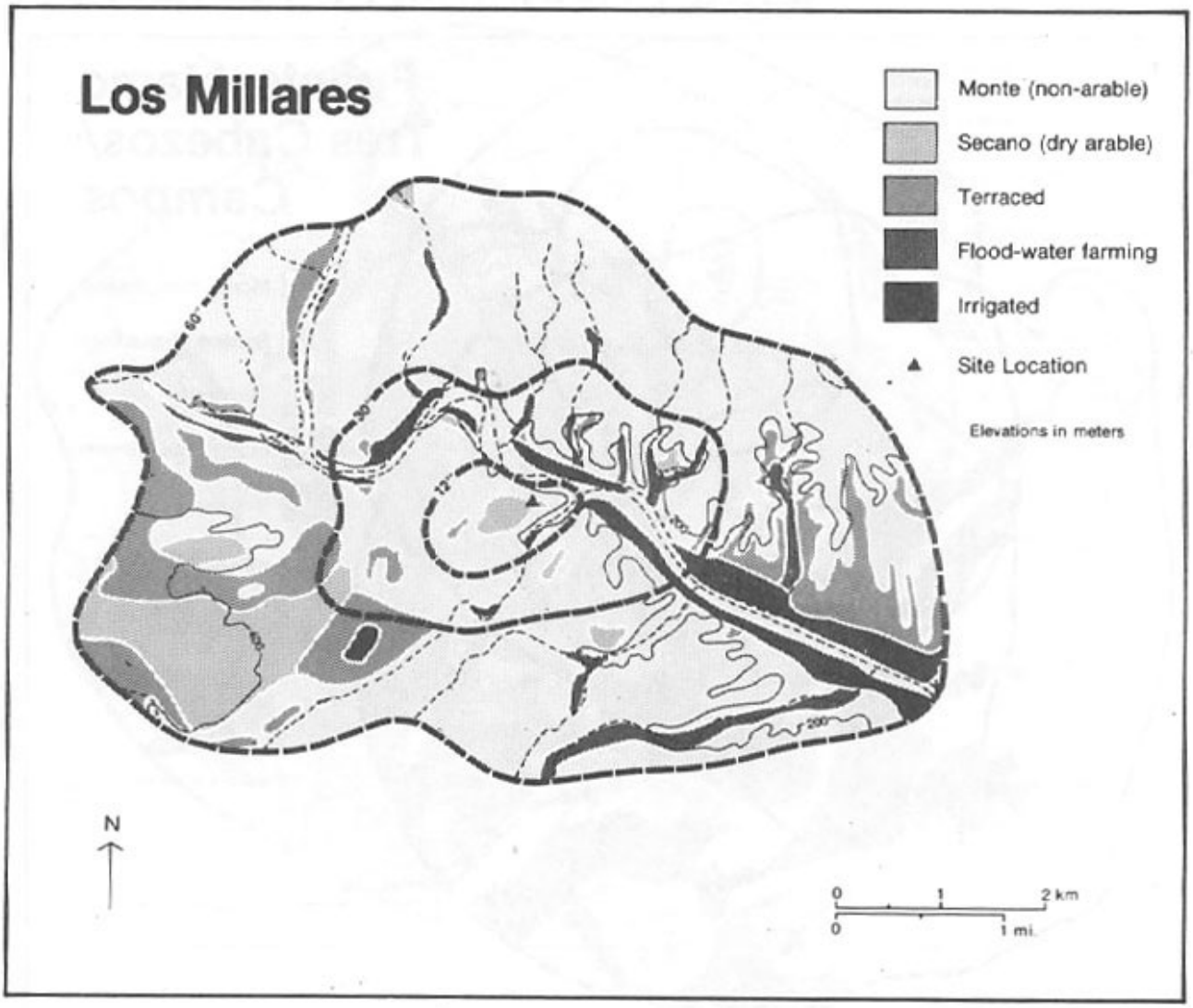


FIGURA 5. USOS POTENCIALES DE SUELOS EN LOS MILLARES (GILMAN Y THORNES, 1985, 43).

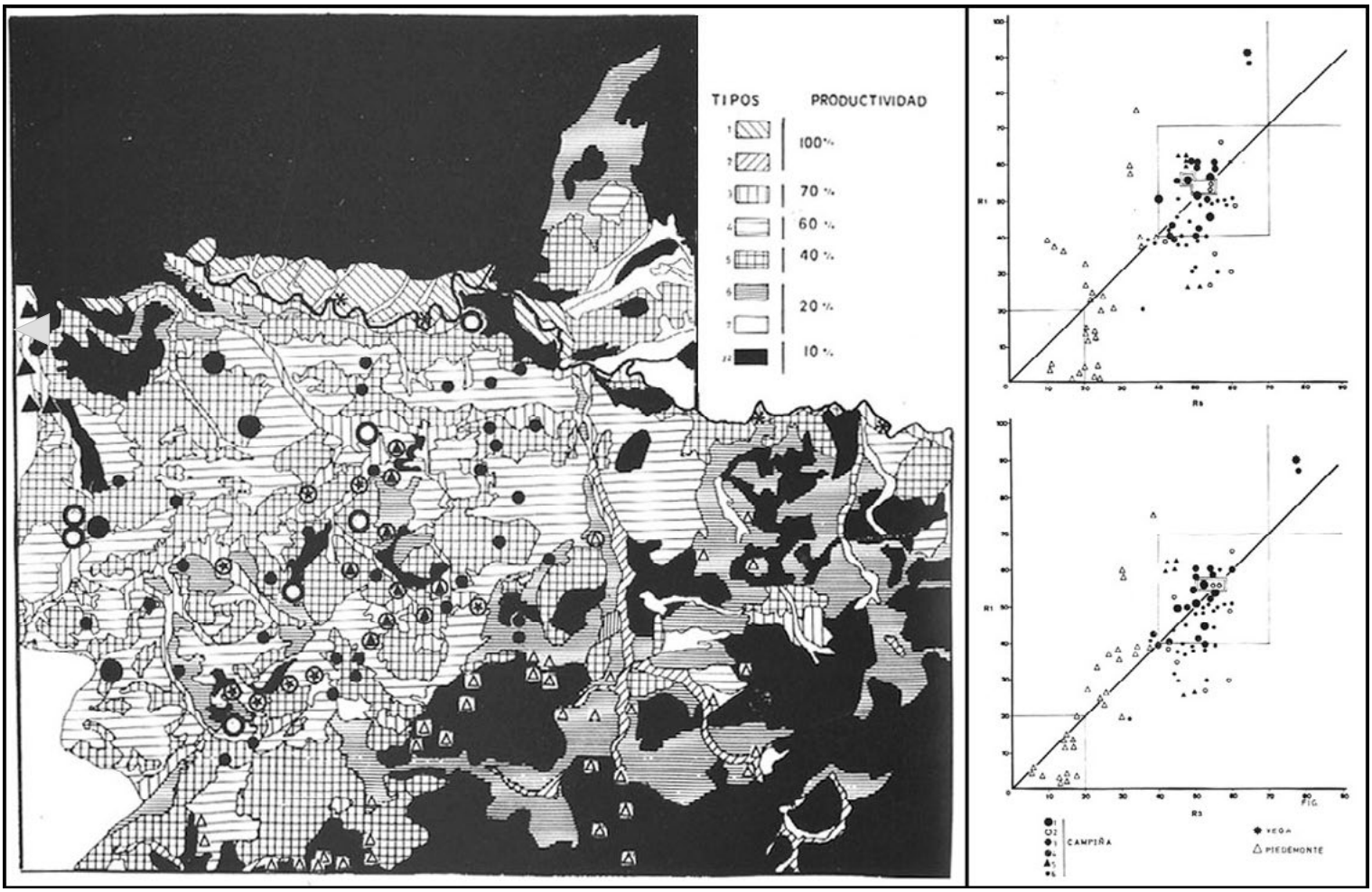


FIGURA 6. CAMPIÑA DEL ALTO GUADALQUIVIR: A) "FASES VI-VII. DISTRIBUCIÓN DE ASENTAMIENTOS SOBRE EL POTENCIAL PRODUCTIVO DE LOS SUELOS". B) "FASES VI-VII. POTENCIAL PRODUCTIVO TEÓRICO DE LOS ASENTAMIENTOS CON AL INTERVENCIÓN DE LA DISTANCIA (RADIOS R DE 1, 3 Y 5 KMS.) (NOCETE, 1994, FIG. 122).

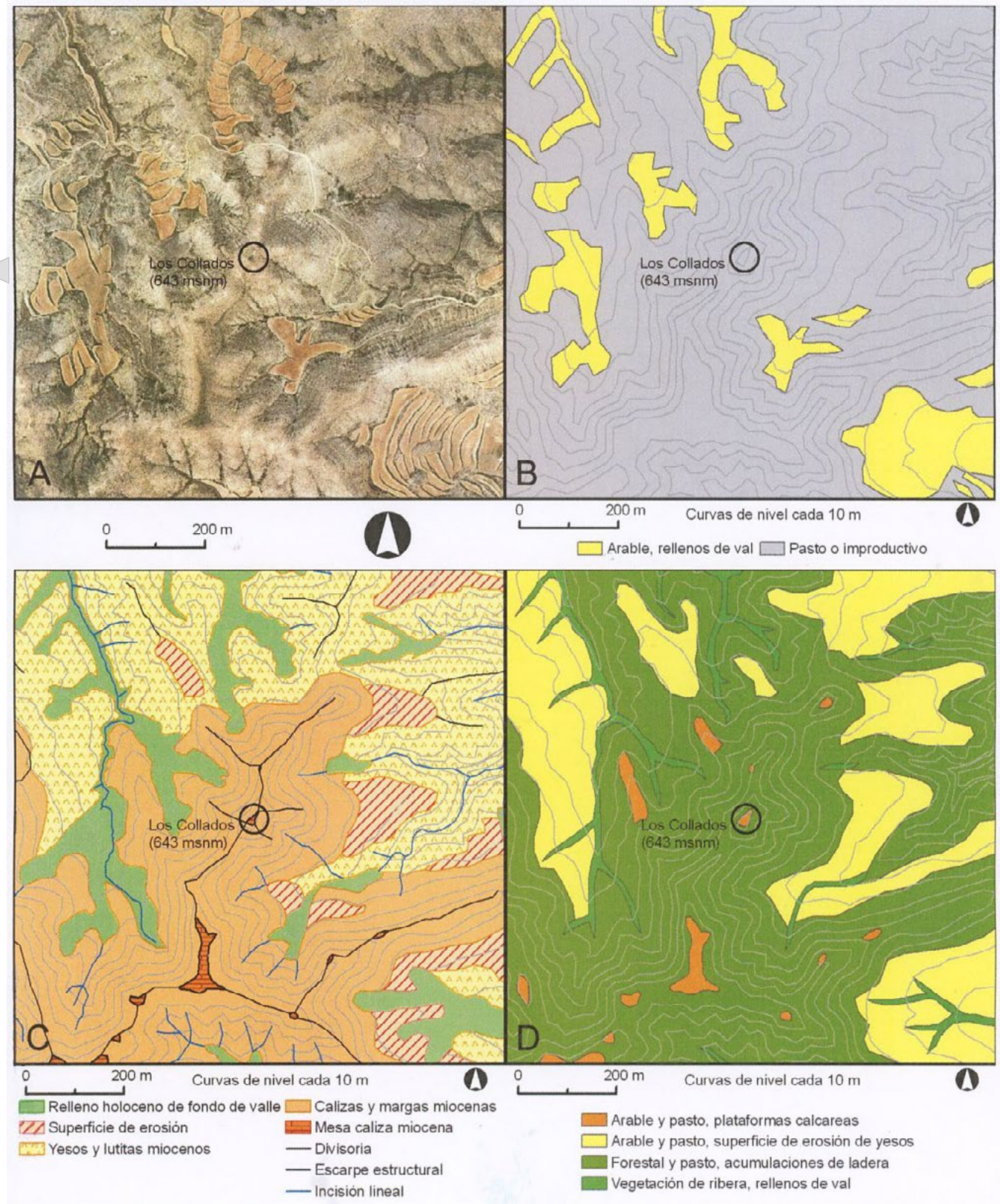


FIGURA 7. CAMBIOS EN LOS APROVECHAMIENTOS AGRÍCOLAS ALREDEDOR DEL POBLADO DE LA EDAD DEL BRONCE DE LOS COLLADOS (1 KM). A: FOTOGRAFÍA AÉREA QUE MUESTRA EL CARÁCTER ÁRIDO Y DEFORESTADO DE LA ZONA, CON GRAN SUPERFICIE YERMA. B: APROVECHAMIENTO ACTUAL DE LA ZONA. LAS ESCASAS ZONAS ARABLES SE CORRESPONDEN PRINCIPALMENTE A LOS FONDOS DE LAS VALES. C: UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS, BÁSICAS PARA PLANTEAR Y ENTENDER LA EVOLUCIÓN DEL MEDIO. D: RECONSTRUCCIÓN DE LOS USOS POTENCIALES EN LA EDAD DEL BRONCE. AUMENTA LA SUPERFICIE ARABLE PERO SOBRE UNIDADES DIFERENTES A LAS ACTUALES: UNA MAYOR CONSERVACIÓN DE LAS PLATAFORMAS ESTRUCTURALES Y DE LA SUPERFICIE DE EROSIÓN DE YESOS OFRECERÍA MÁS SUPERFICIE LLANA SOBRE LA QUE HABRÍA SUELO FÉRTIL. LAS LADERAS SUMINISTRARÍAN PASTO Y RECURSOS FORESTALES. LOS FONDOS DE LAS VALES PRESENTARÍAN RELLENOS MENOS DESARROLLADOS Y SUJETOS A LAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS Y VEGETALES DE LOS BARRANCOS BAJO UNAS CONDICIONES MÁS HÚMEDAS.