



# UNIVERSIDAD DE BURGOS

## **Programa de doctorado**

Evolución Humana, Paleoecología del Cuaternario y Técnicas  
Geofísicas aplicadas a la Investigación

### **Tesis doctoral**

Desarrollo y aplicación metodológica para el  
análisis espacial de yacimientos paleolíticos  
al aire libre y en cueva

### **Doctoranda**

Laura Sánchez Romero

### **Dirección**

Dr. Alfonso Benito Calvo

Dr. Joseba Rios Garaizar

Burgos, 2019





UNIVERSIDAD  
DE BURGOS



**CENIEH**

Centro Nacional de Investigación  
sobre Evolución Humana

Tesis Doctoral

**Desarrollo y aplicación metodológica  
para el análisis espacial de yacimientos  
paleolíticos al aire libre y en cueva**

**Doctoranda**

Laura Sánchez Romero

**Dirección**

Dr. Alfonso Benito Calvo

Dr. Joseba Rios Garaizar

Burgos, 2019

Las fotografías que ilustran el inicio de cada capítulo han sido hechas por Joseba Ríos-Garaizar (CENIEH, Burgos), Mario Torquemada (MAR, Comunidad de Madrid) y Laura Sánchez-Romero (UBU, Burgos).



# CENIEH

Centro Nacional de Investigación  
sobre la Evolución Humana

D. **ALFONSO BENITO CALVO**, Doctor en Geología e investigador del Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana, y D. **JOSEBA RÍOS GARAIZAR**, Doctor en Historia e investigador del Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana,

## HACEN CONSTAR:

Que el trabajo descrito en la presente memoria, titulado “**Desarrollo y aplicación metodológica para el análisis espacial de yacimientos paleolíticos al aire libre y en cueva**” ha sido realizado por D<sup>a</sup> **LAURA SÁNCHEZ ROMERO** dentro del Programa de Doctorado de Evolución Humana, Paleoecología del Cuaternario y Técnicas Geofísicas Aplicadas en la Investigación de la Universidad de Burgos, y reúne todos los requisitos necesarios para su aprobación como Tesis Doctoral.

En Burgos, a 20 de Marzo de 2019

Dr. **Alfonso Benito Calvo**

Dr. **Joseba Ríos Garaizar**



La presente Tesis Doctoral ha sido financiada por las Ayudas destinadas a Financiar la Contratación Predoctoral de Personal Investigador cofinanciadas por el Fondo Social Europeo (Orden EDU/1084/2012 de 17 de Diciembre y Orden EDU/1083/2013 de 27 de Diciembre) de la Junta de Castilla y León.

Este trabajo ha sido posible gracias a los recursos disponibles de los proyectos de Ambrona, Amalda y Aranbaltza, financiados por la Junta de Castilla y León, la Diputación Foral de Gipuzkoa y la Diputación Foral de Bizkaia, respectivamente.

Durante el desarrollo de la Tesis Doctoral se han realizado dos estancias de investigación, en el Human Evolution Research Center (University of Berkeley, California, EE.UU) y en el Institute of Archaeology (University College of London, UK), financiadas por el Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana y la beca de Ayuda a la movilidad de la Universidad de Burgos.

La Tesis se ha realizado en el Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH).



**CENIEH**

Centro Nacional de Investigación  
sobre Evolución Humana



A Aruka y Summer



## **AGRADECIMIENTOS**

A mis directores, mis amigos, Alfonso y Joseba.

A Alfonso, pilar fundamental de este trabajo, quien siempre ha estado ahí, enseñándome, ayudándome y no dejándome caer. Han sido unos años muy intensos, en los que ha pasado prácticamente de todo, y nunca ha tirado la toalla conmigo. Gracias por confiar en mí y haber sido tan buen amigo, y director.

A Joseba, quien se atrevió a proponerme que nos metiéramos en Amalda (no sé si al final se habrá arrepentido...) y que ha acabado de codirector de la tesis. Gracias por ser tan buen amigo, por tus consejos y tu sinceridad. Ha sido genial tenerte de codire.

Muchas gracias a los dos, sin vosotros esta tesis no habría podido salir adelante.

A mis amigos con mayúsculas, siempre dispuestos a tomarse unas cañas, a reír, a discutir, a servir de paño de lágrimas... a lo que hiciera falta. Gracias por estar siempre ahí y ser como sois. Joseba y Theo, ya tenéis vuestros agradecimientos particulares, así que os apañáis con lo que tenéis. A Carlos, por ese humor tan particular que no sabes por dónde te va a salir, pero que siempre es acertado y me ha hecho reír tantísimas veces. A Guille, a quien hemos echado tanto de menos, pero que siempre ha estado con nosotros. Gracias por haberme apoyado tanto y haber estado siempre dispuesto a charlar, aun a pesar de la distancia. A Isi, el único capaz de escribir mal el nombre de un laboratorio al que ha estado tantos años vinculado (CDA3D). Gracias por tu compañía, por todas las conversaciones que hemos tenido en el laboratorio y haber sido tan buen colega. Y a Lucía, mi gran compañera de pupitre, con la que he compartido tantísimo y quien ha sido un enorme apoyo en todos los aspectos durante los años de la tesis. Gracias por abrirme los ojos en muchas cosas y haberme animado a ir a yoga contigo, te eché mucho de menos durante las estancias.

A Pili, por todas esas mañanas en las que estábamos solas arreglando el mundo, riendo o cabreándonos, pero siempre con buenas intenciones. Gracias por interesarte siempre por cómo me iba y por tener siempre un hueco para mí. A la Panto (lo siento, no me sale llamarte Ana...) que, aunque ha estado unos meses, ha sido como si llevara toda mi tesis con ella. Gracias por todas las risas, que se escuchaban por todo el CENIEH, y por haber sido un soplo de aire nuevo en la monotonía que teníamos. Gracias vecinas.

A Claudia, Ruth, Nuria, Vir y Carmen, por compartir ese amor por la naturaleza y los animales que me han hecho pasar momentos tan buenos y divertidos. A Cecilia, Mario y Marina, por sus valiosos consejos para la estancia en Londres. Gracias por compartir vuestra experiencia y haberme hecho tantas recomendaciones, fueron de gran utilidad. Al resto de predocs, Olalla, Guille, Marco, Sofía y Annapaola, por haber estado siempre dispuestos a tomar una caña y por los ratos tan divertidos que hemos pasado.

Al resto de compañeros del CENIEH, como Sileshi y Mohamed, quienes me dieron muchos ánimos al terminar mi contrato en el CENIEH; a Ana Isabel Ortega, quien siempre estaba dispuesta a llevarme de excursión a Ojo Guareña; y a otros tantos compañeros como Ana (y Mikel e Iker), David, Chus, Leti, Javier, Davinia, María

José, Bea, María y Santiago. Gracias por vuestra profesionalidad y simpatía. A Jorge, Javier y David, por haber sido tan buenos compañeros y haber estado siempre dispuestos a invitarme a un café y a que despejara un rato la cabeza. Gracias por haberme hecho sentir como en casa. Y a María Martínón quien, aunque no hemos coincidido mucho, me ha facilitado mucho las cosas en el tramo final de mi contrato con el CENIEH.

A Carlos (presidente), por haberme dado ese espacio de desahogo que tanto necesité en momentos muy complicados. Gracias por hacerme reír tanto, por los consejos, por enseñarme lo útil que puede llegar a ser un lápiz y por esas mañanas de ganchillo.

A las compañeras de limpieza del CENIEH, Marimar, Consuelo e Isabel, por todas esas charletas mañaneras, los ánimos, la compañía y, sobre todo, por todo el cariño que me habéis dado durante todos estos años. Me habéis cuidado mogollón y me he sentido muy querida.

A las chicas de recepción, Rocío, Carmen y Tamara, y a los incombustibles Adela, Julia y Carmelo que siempre me recibían con una sonrisa y me hacían mucha más amena la espera, además de abrirme fuera de horario para pringar los findes.

A Mathieu, por haber confiado en mí a la hora de proponerme colaborar con él y haberme enseñado tanto, no solo de ESR. Gracias por ello y por las horas de trabajo de campo, fueron un *break* muy necesario.

A Axia San Emeterio por su simpatía y todas las horas que ha echado midiendo piezas de Aranbaltza. A Ana Belén Marín y Lucía Agudo por darse tanta caña en estudiar la fauna de Amalda y todas las horas dedicadas. Muchas gracias a todas por vuestra inestimable ayuda para la tesis.

A Alfredo por todo el conocimiento transmitido en geología y por enseñarme a que hay que alejarse del perfil para verlo todo en conjunto. Una lección que me ha servido más allá de los cortes estratigráficos.

Thanks to Tim White, director of the Human Evolution Research Centre, who gave me all the facilities to work with all the documents of the excavations of Ambrona and Torralba led by F. C. Howell. All this material has been key for the development of this thesis. Also, I am very grateful to Josh Carlson and Kathryn Rieck for their help to manage all the documents and photographs.

Thanks to Matt Pope for giving me the opportunity to work with him in the amazing site of Boxgrove. It has been a great experience and I am very glad to have worked together.

A Ignacio de la Torre por abrirme las puertas del Lithics Laboratory y haberme proporcionado todos los medios para poder trabajar tranquilamente durante mi estancia en Londres. Gracias por todas las facilidades y por el tiempo que he pasado allí.

A mis compañeros del lab del Institute of Archaeology, Bea, Amelia, Álex y Carmen, quienes me han hecho tanta compañía durante los meses en Londres. Un agradecimiento especial a Bea, por esas horas en el laboratorio batallando con los

vídeos que tantas risas nos han provocado y por haber sido una gran compañera durante los meses de estancia. Las salidas no eran por compromiso social semanal. El monopoly queda pendiente.

A mis profes y compañeros de yoga, Estela, Enrique, Carol, Noe, Loreto, Nuria, Fer, Marina y Victoria, por tantas risas y hacer que esas dos horas de clase fueran un chute de energía bestial.

A la taberna Los Enchilaos, sede oficial de las cervezas de los viernes, donde he pasado ratos tan buenos y divertidos, y donde he podido dejar las preocupaciones en la puerta y pensar solo en pasármelo bien. No puedo desvincular de estas veladas a Miren y a Xabi, compañeros indiscutibles de cualquier noche enchilada. Gracias a todos por esos momentos.

A Kenia (y sus saludos mañaneros en la puerta del CENIEH), Ana y Mario; Kobe, Juan y Goyo; Cima, Noa, Nohe y Adri; Titán, Gonzalo y Angie; Jack, Bene y Elena; Mamma y David; Lenny y Sandra; Bruce, Sasha, Raquel y Rober; Blondie, Velvet, Ruth y Jordi; Bruto y Carmen; y todos aquellos de los que me sé el nombre del perro pero no el de sus humanos: Senda, Ramus, Machín, Yara, Yume, Kira, Kora, Bongo, Vela y Timón, Bonnie,... y de los que me olvidaré. A todos, muchas gracias por vuestra compañía y por los buenísimos paseos, que han hecho que me olvidara de las cosas desagradables o tristes, por esas conversaciones y por esta relación de gran familia perruna que hemos creado. Sois geniales.

A Elena por todo lo que me quieres, aunque me haya ido a mil sitios y pareciera que andaba ausente, liada con mil movidas y semanas sin hablar. Siempre has estado ahí, has sido un gran apoyo y una gran amiga. Y a Eva, por seguir el camino de su madre y recibirme siempre con abrazos empalagosos.

A Ángeles, Ángel y Carlos, por todo el cariño que me habéis dado desde que os conozco y por haber sido tan buenos amigos de mis padres. Y a mi tía Susana, por darme tantos ánimos cuando estaba lejos de casa.

A Aruka y Summer, las grandes maestras, quienes me han enseñado lo que es querer de manera incondicional. Siempre dispuestas a salir a dar una vuelta y respirar, u olisquear, u olfatear... lo que hiciera falta. Por muy mal día que hubiera tenido, siempre estaban ahí para hacerme feliz.

Por último, quiero agradecerle a mis padres... todo, que sé que irme de casa fue duro y la distancia es jodida, sobre todo al principio. Ya veis, parece que al final las cosas han ido por el puente bien reforzado. Veremos a ver cómo continúa la cosa... Gracias por ser como sois.

Y a Theo, del que he aprendido tantísimas cosas y con el que he pasado tantos años (¡incluidas, ahora, dos tesis!). Quien ha estado siempre a mi lado, por muy difíciles que fueran algunos momentos. Gracias por seguir ahí.

GRACIAS A TODOS



## Resumen / Abstract

1. Introducción .....	1
1.1. Objetivos .....	4
1.2. Antecedentes .....	7
1.2.1. Origen de las excavaciones sistemáticas y surgimiento de los primeros trabajos en arqueología espacial .....	7
1.2.2. Dinámica y formación de los yacimientos .....	10
1.2.3. Análisis espacial en arqueología del Paleolítico .....	13
2. Yacimientos .....	19
2.1. Ambrona .....	21
2.1.1. Historia de las investigaciones .....	21
2.1.1.1. Fase I: 1914 – 1916 .....	21
2.1.1.2. Fase II: Años 60 – 80 .....	22
2.1.1.3. Fase III: 1990 - 2000 .....	24
2.1.1.4. Fase IV: 2013 – actualidad .....	25
2.1.2. Contexto .....	26
2.1.2.1. Localización y entorno de Ambrona .....	26
2.1.2.2. Secuencia litoestratigráfica .....	28
2.1.2.3. Cronología .....	32
2.1.3. Industria lítica .....	32
2.1.4. Fauna .....	35
2.2. Amalda .....	39
2.2.1. Introducción .....	39
2.2.2. Contexto .....	43
2.2.2.1. Localización y descripción de la cavidad .....	43
2.2.2.2. Secuencia litoestratigráfica .....	45
2.2.2.3. Cronología .....	51
2.2.3. Industria lítica .....	52
2.2.4. Fauna .....	55
2.3. Aranbaltza II .....	58
2.3.1. Introducción .....	58
2.3.2. Contexto .....	59
2.3.3. Secuencia litoestratigráfica .....	61

2.3.3.1. Cronología .....	64
2.3.4. Industria lítica .....	65
3. Materiales y métodos .....	67
3.1. Puntos de partida .....	70
3.1.1. Ambrona .....	70
3.1.2. Amalda .....	72
3.1.3. Aranbaltza II .....	73
3.2. Preparación de los datos .....	74
3.2.1. Georreferenciación de cartografía y estratigrafía analógica .....	74
3.2.1.1. Aplicación a yacimientos paleolíticos .....	75
3.2.2. Métodos de interpolación .....	75
3.2.2.1. Métodos de predicción geoestadísticos .....	76
3.2.2.2. <i>Kriging</i> .....	77
3.2.3. Generación aleatoria de coordenadas .....	79
3.3. Estadística inferencial .....	81
3.3.1. Algunos términos básicos .....	81
3.3.1.1. ¿Qué diferencia hay entre agrupado, aleatorio y disperso? .....	81
3.3.1.2. ¿Qué son los <i>p-values</i> ? .....	82
3.3.1.3. ¿Qué son los <i>z-scores</i> ? .....	82
3.3.2. <i>Average Nearest Neighbor (ANN)</i> .....	83
3.3.3. Función K de Ripley .....	84
3.3.4. Análisis por cuadrantes .....	86
3.3.4.1. Tabla de frecuencia .....	87
3.3.4.2. Chi-cuadrado .....	88
3.3.4.3. Kolmogorov-Smirnov (K-S) .....	88
3.3.4.4. Aplicación a yacimientos paleolíticos .....	89
3.3.5. La I de Moran .....	90
3.3.5.1. Análisis estadístico de I de Moran global .....	90
3.3.5.2. Autocorrelación espacial incremental .....	91
3.3.5.3. Análisis estadístico de I de Moran local (Anselin Local Moran's I) ..	91
3.3.6. Estadística de Getis-Ord .....	92
3.3.6.1. Método G general .....	93
3.3.6.2. Método $G_i^*$ .....	93

3.3.6.3. Aplicación a yacimientos paleolíticos .....	96
3.4. Métodos de clasificación en grupos .....	98
3.4.1. K-means .....	98
3.4.1.1. Aplicación a yacimientos paleolíticos .....	99
3.4.2. Clasificación por grupos naturales (Método de Jenks) .....	99
3.5. Distribución direccional .....	100
3.6. Análisis de densidad .....	102
3.6.1. Aplicación a yacimientos paleolíticos .....	103
3.7. Análisis de fábricas .....	104
3.7.1. Introducción .....	104
3.7.1.1. Toma de datos .....	104
3.7.1.2. Tamaño muestral .....	107
3.7.2. Análisis de orientaciones .....	107
3.7.2.1. Aplicación a yacimientos paleolíticos .....	109
3.7.3. Análisis tridimensional de fábricas .....	110
3.7.3.1. Aplicación a yacimientos paleolíticos .....	112
4. Resultados .....	115
4.1. Ambrona .....	117
4.1.1. Tratamiento de los datos inéditos de Ambrona .....	117
4.1.1.1. Procesado de los planos de distribución de las excavación de H&F .....	118
4.1.1.2. Tratamiento de los datos de las secciones estratigráficas .....	121
4.1.2. Reconstrucción de las paleosuperficies de Ambrona .....	123
4.1.3. Correlación estratigráfica .....	125
4.1.4. Identificación y clasificación de <i>clusters</i> .....	132
4.1.4.1. Concentraciones de fauna .....	134
4.1.4.2. Concentraciones de industria lítica .....	136
4.1.5. Patrones de orientación .....	138
4.1.6. Análisis de los patrones de distribución de Ambrona .....	141
4.2. Amalda .....	145
4.2.1. Reconstrucción paleogeográfica .....	145
4.2.1.1. Estadística inferencial aplicada a los valores de cota .....	150
4.2.2. Densidades .....	152

4.2.3. Definición de acumulaciones principales .....	154
4.2.3.1. Getis-Ord $G_i^*$ .....	156
4.2.3.2. Anselin Local Moran's I .....	165
4.2.3.3. Estadística inferencial aplicada a rásteres de densidad .....	170
4.2.4. Análisis de los conjuntos identificados .....	172
4.2.5. Elipses .....	176
4.2.6. Materiales <i>no-identificables</i> .....	179
4.2.6.1. Análisis de distribución de los restos de fauna según el tipo de alteración .....	180
4.2.6.2. Getis-Ord $G_i^*$ .....	182
4.2.6.3. Anselin Local Moran's I .....	190
4.3. Aranbaltza II .....	197
4.3.1. Análisis de densidad .....	198
4.3.2. Definición de conjuntos .....	201
4.3.2.1. Getis-Ord $G_i^*$ .....	203
4.3.2.2. Anselin Local Moran's I .....	207
4.3.2.3. Análisis Getis-Ord $G_i^*$ y Anselin Local Moran's I de los valores de densidad kernel .....	211
4.3.2.4. Clasificación por K-means .....	213
4.3.3. Análisis de los conjuntos identificados .....	214
4.3.4. Análisis de fábricas .....	217
4.3.5. Elipses .....	223
5. Discusión .....	225
5.1. Discusión del método de análisis espacial de yacimientos paleolíticos .....	227
5.2. Discusión de resultados .....	247
5.2.1. Ambrona .....	247
5.2.2. Amalda .....	256
5.2.3. Aranbaltza II .....	277
6. Conclusiones / Conclusions .....	291
7. Referencias bibliográficas .....	305
Anexo I	
Anexo II	

## RESUMEN

Los primeros estudios sobre arqueología espacial en yacimientos paleolíticos surgieron en la década de los años 50 del siglo XX, cuando empieza a surgir un cambio de mentalidad respecto al significado de la disposición de los materiales y su relación para comprender los patrones de comportamiento humano en periodos pasados. La aparición de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la década de los 80 supondrá un gran avance en los estudios espaciales de yacimientos, ya que permite un salto cualitativo en el análisis de datos y el tipo de resultados obtenidos.

En esta Tesis Doctoral se propone un protocolo metodológico que permita la comprensión de las dinámicas de formación de un yacimiento, a partir de la combinación de técnicas espaciales ya empleadas en arqueología con otras aplicadas en otras disciplinas, como en geología o ecología. Para ello, se han llevado a cabo análisis que abarcan desde el estudio de las estratigrafías y la reconstrucción de las paleosuperficies donde se depositaron los materiales, hasta los análisis de los patrones de acumulación y dispersión de los restos recuperados. A través de la aplicación de diferentes herramientas de Sistemas de Información Geográfica, así como el análisis de datos a partir de la estadística inferencial y de las fábricas, se han obtenido resultados muy interesantes para la comprensión de los casos analizados. Para contrastar estos métodos, se han analizado varios yacimientos paleolíticos de diversa índole y cronología, ya que se ha trabajado con datos procedentes de yacimientos del Paleolítico Inferior hasta la transición Paleolítico Medio-Superior, pasando por el Paleolítico Medio. Asimismo, estos yacimientos se encuentran en contextos muy diferentes entre sí, ya que se han tratado contextos al aire libre y en cueva, además de la variabilidad en el tipo de datos y problemáticas de cada uno de ellos.

El yacimiento al aire libre del Paleolítico Inferior de Ambrona (Soria, España) es una de las referencias más importantes para el estudio del Achelense europeo. El origen de las acumulaciones de industria lítica y restos de fauna, principalmente *Palaeoloxodon antiquus*, se pensó en un primer momento que era antropogénico, pero estudios posteriores revelaron que se trataba de procesos principalmente naturales. En 1914 se realizaron las primeras excavaciones en Ambrona, a cargo del Marqués de Cerralbo. Posteriormente, otros grupos también llevaron a cabo trabajos de excavación en el yacimiento, como el equipo de C. Howell y L. Freeman (H&F) y el equipo de M. Santonja y A. Pérez-González (S&PG). Estos trabajos proporcionaron gran cantidad de información, pero hasta ahora no había sido unificada.

En este trabajo, se ha recopilado toda la información, tanto publicada como inédita, referente a las intervenciones en Ambrona desde la década de 1960 hasta 2016. Para ello, se han combinado criterios estratigráficos, análisis SIG de los patrones de

distribución y análisis de fábricas para el estudio espacial del Miembro Inferior de Ambrona. Los datos de partida fueron las planimetrías y secciones estratigráficas elaboradas por los equipos H&F y S&PG.

De esta forma, se han podido definir las principales concentraciones del Miembro Inferior de Ambrona, proporcionando un primer estudio acerca de los procesos de formación que han acontecido en los niveles inferiores de este yacimiento. La mayoría de las concentraciones conservadas se encuentran localizadas en la antigua orilla de la laguna de Ambrona, mostrando un marcado patrón de orientación que coincide con la dirección de los flujos principales que alimentaban esta laguna. Sin embargo, la concentración situada en la parte más central del yacimiento (Alpha) muestra un patrón claramente aleatorio. Esta diferencia entre patrones de orientación entre concentraciones, incluso entre aquellas que se encuentran en un mismo nivel, se debe a las diferencias en la situación paleogeográfica, ya que la concentración Alpha se encuentra en una zona interior de la laguna y protegida por los procesos de transporte, tal y como los estudios tafonómicos previos han confirmado.

Por otra parte, el yacimiento del Paleolítico Medio de Amalda (Gipuzkoa, España) se encuentra en un contexto de cueva, con industria musteriense y restos de fauna que presentan evidencias de intervención por parte de carnívoros y humanos. Los principales trabajos de excavación se desarrollaron durante la década de los 80, bajo la dirección de J. Altuna. En este caso, la gran mayoría de los datos se encuentran publicados, pero no se han llevado a cabo estudios de análisis espacial en profundidad. La combinación de los SIG y los diferentes métodos de análisis basados en estadística inferencial, han permitido inferir los factores que han intervenido en la acumulación de materiales en Amalda.

Los resultados obtenidos a partir de los análisis de densidad, la aplicación de herramientas *hotspots* y la reconstrucción de la paleotopografía del nivel VII (en el que se centra este trabajo) han revelado una posición espacial diferencial entre las concentraciones principales de material lítico y de fauna. Estas concentraciones han sido analizadas, tanto individualmente como en el conjunto del yacimiento.

Los resultados obtenidos muestran que dichas concentraciones diferenciales concentran los restos de menor longitud, tanto para la industria lítica como para la fauna, y que las otras concentraciones identificadas muestran restos de mayor longitud. En caso de que los materiales hubieran sido afectados por agentes naturales o por la acción de carnívoros, no se encontrarían esas acumulaciones tan diferenciadas y delimitadas, sino que con gran probabilidad estarían mezcladas.

De esta forma, el yacimiento de Amalda parece responder a una ocupación temporal breve por parte de los humanos, los cuales desarrollaron algún tipo de actividad probablemente de tipo estacional, mientras que la presencia de carnívoros habría tenido un impacto mínimo en el registro antrópico.

Por último, el yacimiento al aire libre de Aranbaltza II (Bizkaia, España) es el más moderno de los tratados en este trabajo, ya que la presencia de puntas del Chatelperrón apunta directamente al momento de transición entre el Paleolítico Medio y el Superior. Este yacimiento se caracteriza por la gran abundancia de industria lítica bien conservada en un área muy reducida, así como la ausencia prácticamente total de restos de fauna. Los datos con los que se ha trabajado en esta Tesis son los únicos que proceden de un único equipo de investigación, que es el actual, con información registrada con estación total y en base a metodologías de trabajo más modernas que las de los anteriores yacimientos (a excepción, tal vez, de la última fase de excavaciones en Ambrona).

La problemática que plantea este yacimiento difiere bastante de la planteada por los dos anteriores, ya que se trata de un área muy reducida, al aire libre, pero con abundante cantidad de material. Durante el proceso de excavación aparecieron unas estructuras de morfologías muy concretas que contenían un gran número de restos, de tamaño y formas variadas, así como de fábricas muy diversas.

En este caso, además de las herramientas SIG y los métodos de análisis aplicados a los anteriores yacimientos, se han podido aplicar análisis tridimensionales de fábricas, ya que se contaba con información relativa a los ejes de las piezas con coordenadas X, Y, Z.

La investigación llevada a cabo en Aranbaltza II ha permitido interpretar que los factores que han generado la acumulación de restos líticos en este punto del yacimiento responden a procesos de carácter fluvial. La buena preservación de las piezas y la ausencia de sesgos en cuanto a tamaños y morfologías de las piezas, apuntan a que no se trata de un transporte de larga distancia. Asimismo, la buena conservación pudo deberse a la rápida sedimentación, la cual habría permitido el enterramiento de las piezas y su protección.

Otros yacimientos al aire libre chatelperronienses muestran acumulaciones de material muy similares a las encontradas en Aranbaltza II. Sin embargo, debido a que el área excavada en Aranbaltza II es muy reducida y a la falta en otros yacimientos de estudios espaciales similares a los de este trabajo, no se ha podido cuantificar dicha similitud. De esta forma, no se puede precisar si la acumulación localizada en el yacimiento de Aranbaltza II responde a factores principalmente antrópicos.

En la presente Tesis Doctoral se han manejado datos procedentes de yacimientos muy variados que presentaban problemáticas muy diferentes. En el desarrollo de este trabajo, se han aplicado herramientas y métodos de análisis muy novedosos, evaluando su aplicabilidad, ventajas, limitaciones y calidad en los resultados obtenidos para cada caso.

De este modo, se ha pretendido crear una metodología que permita evaluar la calidad de los datos a nivel espacial y hasta dónde se puede llegar en la interpretación de los yacimientos a partir de dichos datos, identificando las dinámicas de formación y el grado de impacto de los diferentes procesos que han podido intervenir en la generación del yacimiento.

## ABSTRACT

The first studies in spatial archaeology carried out in Paleolithic sites arose in the 1950s of the XX century, when something is changing about the meaning of the spatial location of the archaeological materials and their connection with the human behavior knowledge in past times. The birth of the Geographic Information Systems (GIS) in the 1980s meant a great advance in the spatial studies of archaeological sites, because it allows a qualitative leap in the data analysis and the obtained results.

In this Doctoral Thesis, we propose a methodological protocol that allows the understanding of the site formation dynamics, combining spatial techniques already used in archaeology with other techniques applied in other disciplines, as geology or ecology. Therefore, the analysis developed include from stratigraphies and paleosurface reconstructions to the accumulation patterns and dispersion of the recovered materials. Through the application of different GIS tools, as well as the data analysis with inferential statistics and fabrics analysis, interesting results for the understanding of analyzed sites were obtained. Different Paleolithic sites of diverse nature and chronology have been analyzed in order to test the methodology. We have analyzed sites from Lower Paleolithic to the transition Middle-Upper Paleolithic, as well as a Middle Paleolithic site. Likewise, these sites are from very different contexts, including open-air and cave sites, with a great variability in the type of data and issues of each of them.

The Lower Paleolithic open-air site of Ambrona (Soria, Spain) is one of the most important references for the European Acheulean studies. The origin of the lithic and fauna accumulations, mostly *Palaeoloxodon antiquus*, at this site was first thought to be antropogenic, but later studies revealed that the processes were mainly natural. The first fieldwork developed in Ambrona was conducted by the Marquis of Cerralbo in 1914. Later, other research groups followed in more recent times, such as the C. Howell and L. Freeman team (H&F) and M. Santonja and A. Pérez-González team (S&PG). The digs yielded a great amount of information, but until now it had never been unified.

In this work, we have compiled all the available information, both published and unpublished, related to the studies carried out in Ambrona from the 1960s to 2016. Therefore, we have combined stratigraphic criteria, distribution patterns analyzed by GIS and fabric analysis for the study of the Lower Stratigraphic Member (LSM) of Ambrona. The starting data were the maps and the stratigraphic sections made by the H&F and S&PG teams.

In this way, this study enabled us to define the main concentrations of the Lower Stratigraphic Member of Ambrona, providing an initial contribution to an assessment of their accumulation processes. Most of the concentrations preserved

are located in the ancient shoreline of the lake, displaying a marked orientation pattern which coincides with the direction of the main water flows into the Ambrona wetland. However, the concentration located in the central part of the site (Alpha) shows a clear random orientation pattern. This difference among the orientation patterns and the accumulations of materials, even in those accumulations that are in the same stratigraphic level, is due to the variations in the paleogeography. The Alpha concentration is placed in the inner part of the pond, mostly preserved without undergoing transport processes, as previous taphonomic studies also confirm.

On the other hand, the Middle Paleolithic site of Amalda (Gipuzkoa, Spain) is placed in a cave context, with Mousterian lithic industry and faunal remains with evidences of anthropic and carnivore intervention. The main fieldwork in Amalda took place in the 1980s, under the direction of J. Altuna. In this case, the most of the data are published, but there are not deeper spatial analysis studies available. The combination of GIS with the different analysis methods based on inferential statistics has allowed us to infer the elements that have taken part in the accumulation of materials in Amalda.

The results obtained from the density analysis, the application of hotspots tools and the reconstruction of the paleogeography of the level VII (in which this work is focused) have revealed the differential spatial disposition among the main concentrations of lithic and faunal remains. These concentrations have been analyzed, both individually and in relation with the whole of the site.

These differential concentrations cluster the rests with smaller length, for both lithic industry and faunal remains, while the other identified concentrations compress materials of bigger length. If the materials were affected by natural agents or by the action of the carnivores, it is possible that these accumulations were not so well defined and delimited, but they were probably mixed.

In this way, the Amalda site seems to reflect a brief temporal occupation by humans, who could develop some kind of seasonal activity; while the presence of carnivores would have had a minimal impact in the anthropic assemblage.

Finally, the open-air site of Aranbaltza II (Bizkaia, Spain) is the most modern of the sites worked in this Thesis, since the presence of Chatelperronian points indicate the transition moment from the Middle to Upper Paleolithic. This site is characterized by the great amount of lithic industry in a reduced area, as well as the almost total absence of faunal remains.

The data used in this work are from a single research team (the current), with information registered by total station and with modern methodology of fieldwork, in contrast with the data managed in the other sites (maybe with the exception of the last phase of excavations in Ambrona).

The issue set out by this site is quite different from the other sites, because it is a reduced open-air area but with a great amount of lithic material. Some well-defined structures appeared during the excavation process. These structures contained a large number of remains, which had a wide variability of sizes, shapes and fabrics.

In this case, apart from the GIS tools and the methods used for analyzing the other sites, we have applied tridimensional fabric analysis, because there was available data with X, Y, Z information relative to the axis of the pieces.

The investigation carried out in Aranbaltza II has allowed us to interpret that the factors which have generated the accumulation of lithic remains in this part of the site are related to fluvial processes. The well-preserved pieces and the absence of sizes and morphology bias in the lithic remains point to that the process did not cause a long distance transport. Also, the good conservation of the pieces could have been produced by a rapid sedimentation ratio, which had allowed the burial of the remains and therefore their protection.

Other open-air chatelperronian sites show very similar accumulations of materials than those we find in Aranbaltza II. However, since the excavated area in Aranbaltza II is very reduced and there is not spatial studies similar than our work in other sites, a detailed comparison was not feasible. Thus, we could not determine if the accumulation located in the Aranbaltza II site responds to mainly anthropic factors.

In this Ph.D. we have managed data from a wide variety of sites with very different issues. During the developing of this work, it has been applied very innovative tools and analysis methods, evaluating the applicability, advantages, limitations and the quality of the results obtained for each case.

Thus, we have tried to create a methodology that allow us to evaluate the quality of the spatial data and how far can we go in the interpretation of the sites with the available data, identifying the formation dynamics and the impact degree of the different processes that could take part in the formation of the site.



1

# Introducción





En los últimos años se está asistiendo a un renovado interés por los estudios sobre arqueología espacial en yacimientos paleolíticos, sobre todo tras el impulso propiciado por los Sistemas de Información Geográfica y el empleo de métodos estadísticos (Benito-Calvo et al., 2009, 2011; De la Torre and Benito-Calvo, 2013; García-Moreno et al., 2016; Sánchez-Romero et al., 2016; De la Torre and Wehr, 2018).

Sin embargo, este interés por conocer los factores responsables de la distribución espacial de los elementos arqueológicos en los yacimientos no es nuevo (Leroi-Gourhan, 1950; Laplace and Méroc, 1954a, 1954b). Esta tendencia radica en el surgimiento de la idea de que la posición de los elementos arqueológicos podría reflejar un momento pasado que hubiera quedado congelado en el tiempo (Leroi-Gourhan, 1950). Un concepto que más adelante evolucionaría hacia la idea de que la posición de los materiales en un yacimiento podría mostrar la evolución del mismo, donde se habrían combinado las actividades antrópicas con los procesos naturales hasta la formación del yacimiento tal y como se encuentra cuando se aborda su estudio (Schiffer, 1985; Petraglia, 1987; Petraglia and Nash, 1987; Hassan, 1987). De este modo, la aplicación de las técnicas adecuadas debería permitir la identificación de los patrones espaciales para la reconstrucción de los procesos de formación de los yacimientos paleolíticos, individualizando cada uno de los factores que lo han generado. Asimismo, estas técnicas permitirían inferir los procesos asociados a las actividades antrópicas, gracias a los cuales se podrían conocer los comportamientos y modos de vida humanos.

Por lo tanto, la identificación de los patrones espaciales y su interpretación son elementos clave que permiten la comprensión de un yacimiento interrelacionando todos los elementos que componen el registro arqueopaleontológico, así como elementos del entorno donde se encuentra el yacimiento. En este sentido, la arqueología del paisaje y los estudios arqueológicos de periodos más recientes han sido tradicionalmente los que más aplicado los métodos de la arqueología espacial. El control del territorio, la distribución de los asentamientos o la organización de los espacios de habitación han permitido conocer los modos de vida y estrategias de ocupación del territorio (McAndrews et al., 1997; Savage, 1997; Boaz and Uleberg, 2000; Ladefoged and Pearson, 2000; Stančič and Veljanovski, 2000; Alconini, 2004; Dixon et al., 2008; Lemke, 2013, *inter alia*).

Sin embargo, en arqueología paleolítica no ha sido tan extensamente empleada. Es posible que, tal y como se verá más adelante, pueda situarse el origen de los primeros estudios espaciales en el cuestionamiento de los modos de vida paleolíticos a partir de la ubicación espacial de los materiales encontrados en los yacimientos. Es en este momento cuando empiezan a surgir los primeros trabajos con interpretaciones acerca de la disposición espacial de los materiales excavados, así como planos o dibujos para mostrar la distribución de los restos (Isaac, 1971; Baker, 1977; Harris, 1979; Carandini, 1979, 1981). Los estudios que se llevaron

posteriormente con grupos humanos con formas de vida más tradicionales, fueron determinantes en los estudios de arqueología espacial y en la interpretación de los yacimientos paleolíticos (Yellen, 1971a, 1971b; Binford, 1978, 1983; O'Connell, 1987, 1988, 1990).

A pesar de que el estudio espacial en yacimientos paleolíticos no estaba hasta hace unos años muy extendido, los resultados obtenidos en los trabajos que se han ido desarrollando han sido muy relevantes. La interpretación y análisis de la disposición espacial de los restos y las estructuras antrópicas han permitido conocer los patrones de organización del espacio de ocupación: áreas diferentes según la actividad desarrollada, zonas de procesado y tratamiento de recursos, zonas domésticas, zonas de basurero, etc. (Stevenson, 1991; Farizy, 1994; Henry et al., 1996; Martínez and Rando, 2001; Vaquero and Pastó, 2001; Bourguignon et al., 2002; Stiner et al., 2011; Vaquero et al., 2004, 2012a, 2012b, 2015, 2017; Sergant et al., 2006; Goren-Inbar et al., 2004; Alperson-Afil et al., 2009; Sañudo et al., 2012; Blasco et al, 2013, 2014, 2016; Sañudo et al., 2016, *inter alia*).

Actualmente existen gran cantidad de herramientas y conceptos que pueden aportar gran valor al estudio de una amplia variedad de yacimientos. No obstante, aún no existen trabajos de referencia que hayan contrastado la aplicación conjunta de estas técnicas, considerando la variabilidad metodológica actual, a yacimientos de distinta cronología, contexto y escala. La evolución en el conocimiento de nuevos sistemas de análisis, así como las nuevas técnicas aplicadas en los trabajos de campo, permiten dar nuevos enfoques y profundizar más en los datos. Por ello, una aplicación rigurosa de los métodos espaciales y todas sus variantes es clave para alcanzar una mayor precisión en las interpretaciones, conocer sus limitaciones y valorar posibles combinaciones con otras técnicas, aunando más disciplinas que ayuden a generar un conocimiento más completo.

### **1.1. Objetivos**

La presente Tesis Doctoral surge de la necesidad de contrastar y proponer un protocolo metodológico que combinara técnicas espaciales ya en uso con otras apenas aplicadas. Con ello, se pretende investigar las relaciones espaciales de los materiales arqueológicos procedentes de yacimientos paleolíticos de diferentes cronologías, contextos, escalas y metodologías de excavación. Las relaciones espaciales obtenidas deberían ser capaces de sintetizar la información tanto arqueológica como geológica disponible en cada yacimiento, proporcionando resultados espaciales que ayuden a comprender las dinámicas de formación del yacimiento.

Con este propósito, se han proyectado una serie de metas y estudios concretos que permitan dar respuesta a las cuestiones planteadas:

- Investigar yacimientos de distinta naturaleza, en cuanto a patrones de ocupación, medios sedimentarios, escala y métodos de excavación.
- Aplicar técnicas que permitan combinar datos de diversa índole y obtener resultados espaciales rigurosos y relevantes a partir de diferentes métodos de excavación, incluso procedentes de excavaciones antiguas sin información de tipo geográfico.
- Contrastar métodos para definir los patrones de distribución en yacimientos arqueológicos y su significado.
- Aplicar métodos para la delimitación objetiva de agrupaciones de materiales en los yacimientos, los cuales ayudarán a interpretar su estructura y el origen de dichas agrupaciones.
- Analizar la influencia de las distintas variables espaciales y métodos en la identificación de los patrones y grupos.
- Estudiar la posición, composición, extensión y fábrica de las agrupaciones para interpretar la formación de cada conjunto.
- Individualizar los factores que han intervenido en la formación del registro arqueopaleontológico a partir del análisis espacial de diferentes y variadas variables.
- Reconstruir las superficies de acumulación de los yacimientos y su influencia en la distribución de los materiales.

A partir de estas premisas, se pretende obtener resultados clave que ayuden a la interpretación de las dinámicas de formación de los yacimientos, como por ejemplo:

- Reconstruir los procesos de acumulación de los materiales que componen el registro de los yacimientos.
- Explicar rasgos tafonómicos diferenciales en un mismo nivel en base a su posición espacial.
- Analizar la influencia de la paleogeografía, definida por las evidencias geomorfológicas y sedimentarias del entorno.
- Contribuir a la comprensión del tipo de ocupación que se dio en el yacimiento.

Para cumplir estos objetivos, los trabajos se han desarrollado en los siguientes yacimientos:

- Ambrona (Miembro Inferior): Yacimiento al aire libre del Paleolítico Inferior caracterizado por la presencia de restos de *Palaeoloxodon antiquus* e industria lítica achelense en un contexto de laguna. Desde los años 60 hasta la actualidad se han realizado diferentes campañas de excavación por parte de diferentes equipos y metodologías de trabajo.
- Amalda (nivel VII): Yacimiento en cueva del Paleolítico Medio caracterizado por la presencia de industria lítica musteriense y restos de fauna con evidencias de consumo por parte de humanos y carnívoros. La mayoría de los trabajos de excavación se realizaron durante la década de los 80.
- Aranbaltza II (nivel US4b): Yacimiento al aire libre que refleja el momento de transición Paleolítico Medio-Superior, caracterizado por la abundante presencia de industria lítica chatelperroniense y la ausencia de restos de fauna. Se excavó durante los años 2013 a 2016.

De esta forma, en esta Tesis Doctoral se hace una unión de todos los datos disponibles que pueden ayudar a comprender la formación de un yacimiento. Desde el estudio de las estratigrafías y la reconstrucción de las paleosuperficies donde se depositaron los materiales, hasta los patrones de acumulación y dispersión de los materiales excavados. Todo ello sin dejar de lado los estudios sobre industria y fauna que se han llevado a cabo y que se han integrado con toda la información obtenida a partir del estudio espacial de los materiales.

El eje vertebrador de este trabajo son los Sistemas de Información Geográfica (SIG), en combinación con la estadística inferencial y los análisis de fábricas. Para ello, se han empleado técnicas de análisis basadas en la geología, la arqueología y la ecología, tal y como se especificará en las páginas interiores.

Otro de los aspectos particularmente interesantes de este trabajo es que se han podido integrar al análisis espacial los datos e información de excavaciones más antiguas. De esta forma, se ha tenido en cuenta no solo lo excavado en los últimos años con técnicas más modernas, sino toda la información generada durante todos los años de intervención en el yacimiento, como en los casos de Ambrona y Amalda. Con ello, se quiere poner de manifiesto que es posible dar una “segunda vida” a la información generada por otros equipos y en otros periodos de la arqueología, con métodos de registro no tan avanzados pero que permitían tener un control de los materiales excavados. En este trabajo se da entidad a toda la información generada y trabajada en su momento, integrándola y haciéndola formar parte del estudio completo del yacimiento.

## **1.2. Antecedentes**

En este apartado se hará una revisión detallada del inicio y la evolución de la arqueología hasta la aparición de los primeros trabajos en arqueología espacial. Asimismo, se realiza un recorrido por las distintas técnicas tratadas en esta Tesis y su evolución en la aplicación dentro del ámbito de la arqueología del Paleolítico.

Los antecedentes relativos a los distintos yacimientos estudiados se han descrito en un capítulo aparte (Capítulo 2: Yacimientos), en los apartados 2.1 (Ambrona), 2.2 (Amalda) y 2.3 (Aranbaltza II).

### **1.2.1. Origen de las excavaciones sistemáticas y surgimiento de los primeros trabajos en arqueología espacial**

Desde los primeros momentos en los que la disciplina arqueológica empezaba a dar sus primeros pasos, ya emergió la inquietud acerca de los factores dinámicos que llegan a conformar un yacimiento. En este sentido, los primeros que se pusieron a plantear una metodología de trabajo que permitiera conocer todo lo acontecido en la formación de un yacimiento fueron los geólogos. Debido a que a lo largo del siglo XIX la arqueología se centraba básicamente en la búsqueda y recuperación de objetos, los geólogos que trabajaban en las excavaciones fueron los primeros que plantearon métodos de excavación más sistemáticos centrados en conocer la estratigrafía del yacimiento. Entre 1887 y 1889, E. Piette y M. Boule excavaron el depósito de la cueva de Mas d'Azil siguiendo la estratigrafía, es decir: en función de las capas sedimentarias (Sáez de Buruaga, 1998). A partir de este momento, en el que se excavó un yacimiento siguiendo una secuencia estratigráfica que dotaba de contexto sedimentario a las piezas recuperadas, se empezó a asentar el concepto de excavación en términos científicos (Sáez de Buruaga, 1998). En este momento, empezaron a proliferar los dibujos en sección, descripciones de secuencias, etc., así como una evolución hacia excavaciones donde se empezaban a tener en cuenta más conceptos y factores, como restos de muros, alteraciones de la estratigrafía, alteraciones deposicionales, etc., dejando de lado la mera búsqueda de objetos (VV.AA, 1906; Droop, 1915; Sáez de Buruaga, 1998). De este modo, empieza a emerger la arqueológica científica, con esfuerzos renovados y enfocados a la comprensión de la estratigrafía arqueológica. Debido a este giro, los trabajos en excavaciones arqueológicas comenzaron a mostrar cierta obsesión con la verticalidad y con la secuencia sedimentaria como reflejo de una sucesión temporal de culturas (Nikolsky, 1930; Sáez de Buruaga, 1998), lo que se traduciría en la conceptualización de una evolución unilineal de las culturas, de las especies de los restos de animales encontrados, etc.

La excavación de yacimientos a través de trincheras para tener esa visión vertical de la estratigrafía, favoreció la aparición de otro concepto de excavación que abogaba por una mejora en la comprensión del yacimiento. Durante las primeras

décadas del siglo XX, al abordar la excavación de túmulos o muros, ya se vio la necesidad de excavar zonas más amplias, como trincheras o cuadrantes. A partir de esa división de la superficie, en la que se excavaba de manera alterna, dejando zonas sin intervenir, se vio que no todos los yacimientos tenían que ser excavados por igual y que otras técnicas permitían una *amplitud de miras* de cara al conocimiento del yacimiento. No será hasta la década de 1930 que aparecerá el concepto de excavación en cuadrícula, como en las excavaciones de L. Méroc en el valle de Volp (Ariège, Francia). Es en esta década cuando M. Wheeler comienza a aplicar el modelo de cuadrícula en el yacimiento protohistórico de Maiden Castle (Dorset, Inglaterra) (Sáez de Buruaga, 1998).

En 1952 fue publicado el conocido como Método Wheeler-Kenyon, un sistema de excavación muy bien acogido y que permitió un control más preciso de los materiales excavados y la estratigrafía, así como la evolución de los propios niveles. Este modelo fue inicialmente planteado por M. Wheeler, pero continuado y mejorado por su discípula K. M. Kenyon (Kenyon, 1952). Este método consistía en la elaboración de una cuadrícula de grandes dimensiones y la excavación de cada cuadro a *una manera de rejilla* (Wheeler, 1956), anotando la información tridimensional de los materiales excavados. Entre los cuadros excavados, se dejaba un muro sin excavar que permitía ver de manera detallada los niveles estratigráficos (Kenyon, 1952; Wheeler, 1956). Este sistema ha sido empleado durante muchos años, incluso en el yacimiento de Ambrona, como se verá más adelante. Para Wheeler, un arqueólogo no tenía que ser capaz únicamente de excavar e identificar las capas que componían la estratigrafía, sino que tenía que ser capaz de interpretarlas (Wheeler, 1956). De esta forma, ya se empezaba a vislumbrar esa idea, que más adelante se consolidaría, de que no solo bastaba con entender la sucesión de estratos sino que también era necesario tener una visión horizontal de los materiales excavados y los niveles en los que se encuentran depositados.

El sistema de visión vertical de los yacimientos se vio reemplazada en 1950 por la aparición del manual de A. Leroi-Gourhan, donde se hacía énfasis en la necesidad de recuperar la mayor información posible en la secuencia estratigráfica, dejando completamente dilapidada la idea que aún podía quedar de la arqueología como búsqueda de objetos (Leroi-Gourhan, 1950). Es en este momento cuando se empiezan a plantear cuestiones sobre los modos de vida de sociedades pasadas, llevando el método arqueológico a la comprensión y a dar respuesta a este tipo de planteamientos. A partir de este momento, el yacimiento se empieza a considerar como un lugar de habitación o espacio organizado, en el que los niveles reflejan esa sucesión de ocupaciones y los materiales una visión contemporánea de la ocupación del sitio. Es la aparición del concepto *suelo de ocupación*. De esta forma, las excavaciones se realizarían capa a capa (Leroi-Gourhan, 1950) (por tallas, siguiendo los niveles estratigráficos identificados) y dejando los materiales

excavados expuestos, controlando su posición espacial. Esta nueva conceptualización de la arqueología y el incipiente interés en los patrones de ocupación, suponen el punto de partida de los estudios etnográficos.

Antes de continuar con los estudios etnográficos más importantes, es importante destacar que, un año antes de la publicación del manual de A. Leroi-Gourhan, en 1949, G. Laplace ya ponía en práctica en el yacimiento prehistórico de Tutte de Carrelore (Béarn, Francia) la representación gráfica sobre plano de todos los elementos excavados (Sáez de Buruaga, 1998). Este perfeccionamiento del método de registro permitió dotar de gran detalle y precisión el proceso de excavación, ya que se elaboraban planos de dispersión de los materiales, planos de sección y estratigrafías dibujadas simultáneamente al proceso de excavación (Laplace and Méroc, 1954a, 1954b). Aunque los trabajos de A. Leroi-Gourhan y G. Laplace fueron los pioneros en este cambio del método de excavación y registro en arqueología, fueron varios los trabajos que se desarrollaron posteriormente y que también contribuyeron a la mejora de la metodología de excavación y registro, así como a la comprensión de los yacimientos arqueológicos (Isaac, 1971; Baker, 1977; Harris, 1979; Carandini, 1979, 1981).

El estudio de los comportamientos de grupos sociales que aún mantenían formas de vida basadas en la caza y la recolección tuvieron fue un punto de inflexión en los estudios en arqueología (Yellen, 1971a, 1971b; Binford, 1978, 1983; O'Connell, 1987, 1988, 1990). Los trabajos de L. Binford marcaron este periodo, ya que se trasladó a Alaska a estudiar grupos nunamiut de cazadores de caribú y al sudoeste americano para observar los modos de vida de los pastores de ovejas navajos (Binford, 1978, 1983). Además, también llevó a cabo estudios sobre los bosquimanos !Kung, en el sur de África. Estos trabajos de campo tenían como objetivo buscar un nexo común entre lo que se encontraban los arqueólogos en el yacimiento y los comportamientos que generaron esa producción de materiales y su disposición en las áreas de actividad (Binford, 1983). Los dibujos, descripciones, fotografías y demás documentación detallada de los patrones de comportamiento de los grupos estudiados resultaron clave para los estudios espaciales de yacimientos arqueológicos. De hecho, actualmente se sigue empleado el modelo ideal de zonas *drop* y *toss* para diferenciar áreas de acumulación de restos alrededor de los hogares (Vaquero, 1999; Vaquero and Pastó, 2001; Blasco et al., 2016; Alperson-Afil, 2017; Spagnolo et al, *in press*). Además de los trabajos de campo, L. Binford llevó a cabo estudios experimentales, los cuales pretendían recrear comportamientos o procesos que suponía podían haber ocurrido en el pasado y cómo sería su reflejo en el registro arqueológico, y estudios sobre comportamiento animal. La observación de los modos de caza de animales, como los lobos, le permitieron establecer comparativas entre las formas de tratamiento de los huesos entre estos animales y los cazadores humanos (Binford, 1983).

### 1.2.2. Dinámica y formación de los yacimientos

L. Binford, a pesar de haber presentado los modelos de distribución y organización del espacio de los grupos nunamiut o navajos, fue muy crítico con la idea errónea de que los yacimientos representaban un momento congelado del tiempo, tal y como planteó en 1981 en su famosa *Pompeii premise* (premisa pompeyana) (Binford, 1981a). Para este autor, cuando se aborda el estudio de un yacimiento no se está ante un espacio que ha permanecido tal cual lo dejaron sus ocupantes, sino que se trata de un reflejo de un sistema de organización determinado, el cual debía ser considerado dentro de un contexto evolutivo y no según eventos concretos (Binford, 1981a; De la Torre, 2001). De esta forma, para L. Binford un yacimiento era consecuencia de una serie de procesos dinámicos, donde se produce una modificación del entorno en función de las necesidades de los grupos humanos.

Posteriormente, otros autores mostraron sus opiniones acerca de cómo debían entenderse y estudiarse los yacimientos arqueológicos (Schiffer, 1985; Petraglia, 1987; Petraglia and Nash, 1987; Hassan, 1987). En estos años de debate, parece que la idea de que los yacimientos representan momentos congelados del tiempo, que no han sufrido ningún tipo de alteración, se va diluyendo. En su lugar, se empieza a considerar que los yacimientos tienen una historia propia de procesos previos y posteriores que dan como resultado final lo que se encuentra al abordar su estudio (Hassan, 1987). Aun a pesar de ello, se seguía (y en muchos casos aún se continua) considerando que los yacimientos se encuentran o bien completamente intactos (con el uso del término *in situ*), o bien completamente removidos, sin considerar el hecho de que existen términos intermedios (Petraglia and Nash, 1987).

A partir de esta concepción, se empezó a plantear la necesidad del uso de recursos que permitieran un análisis más profundo, los cuales permitieran cuantificar ese nivel intermedio de alteración del conjunto arqueológico (como la tafonomía, la geoarqueología, etc.) (De la Torre, 2001). De esta forma, se llegó a otro de los momentos clave en la arqueología en general y al estudio de los procesos de formación de los yacimientos en particular: los estudios experimentales. La evaluación y cuantificación de los procesos no antrópicos permiten aislar los agentes que pudieron intervenir en el yacimiento, ya sean animales (como la acción de los carnívoros) o naturales (como el impacto del agua). En el caso de los agentes fluviales, es particularmente importante desde el punto de vista de que la mayoría de los yacimientos más antiguos se encuentran al aire libre y en entornos relacionados con procesos fluviales (De la Torre, 2001).

Uno de los primeros investigadores que llevó a cabo experimentos para evaluar el impacto de los procesos fluviales fue M. Voorhies (1969), quien observó que los conjuntos de huesos del yacimiento del Plioceno inicial de Verdigre (Nebraska, EE.UU) pudieron haber sido afectados por una corriente de agua, la cual habría

afectado a la posición de los huesos. Para ello, registró la orientación y la pendiente del eje mayor de cada resto y, aunque la mayoría mostraban un buen estado de conservación, observó que había cierto sesgo en la representación de ciertos elementos anatómicos (Voorhies, 1969). A partir de estas apreciaciones, Voorhies llevó a cabo una serie de experimentos en *flume* (canales artificiales con corrientes de agua controladas) con huesos los que sometió a diferentes corrientes de agua. Actualmente, las conclusiones y el sistema de clasificación creado por Voorhies siguen sirviendo como referencia a la hora de interpretar el comportamiento de ciertos huesos que han sido sometidos a corrientes de agua.

A partir del trabajo de Voorhies (1969), aparecieron otros trabajos enfocados en el estudio del impacto de las corrientes de agua sobre los conjuntos de fauna (Behrensmeyer, 1975, 1978, 1982, 1988; Badgley and Behrensmeyer, 1980; Ferring, 1986; Bagdley, 1986a, 1986b; Gifford, 1977; Gifford and Behrensmeyer, 1977; Hanson, 1980; Behrensmeyer, 1982; Frison and Todd, 1986; Aslan and Behrensmeyer, 1996; Coard and Dennell, 1995: Coard, 1999). Estos trabajos fueron desarrollados tanto en ambientes artificiales (Behrensmeyer, 1975; Hanson, 1980; Bagdley, 1986a, 1986b; Coard and Dennell, 1995: Coard, 1999; Fernández-Jalvo and Andrews, 2003; Pante et al., 2010; Thompson et al., 2011) como naturales (Ferring, 1986; Gifford, 1977; Frison and Todd, 1986; Hanson, 1980; Behrensmeyer, 1982; Aslan and Behrensmeyer, 1996; Gaudzinski-Windheuser et al., 2010), observando el comportamiento de los materiales ante el efecto de lluvias torrenciales o crecidas de los ríos, así como el grado de abrasión que sufren los materiales y su cuantificación. Estos trabajos han permitido avanzar en el estudio del efecto de los agentes hidráulicos sobre los huesos, pudiendo cuantificar el grado de desplazamiento, alteración o ratio de enterramiento. Asimismo permitieron romper con algunos estereotipos, aún hoy vigentes, acerca de los elementos que determinaban que un yacimiento se encontraba en una posición primaria inalterada, como la presencia de huesos articulados (Coard and Dennell, 1995: Coard, 1999).

Además de los estudios experimentales llevados a cabo con restos óseos, se han llevado a cabo trabajos enfocados a analizar el comportamiento de los restos líticos al ser expuestos a medios fluviales. En este sentido, el primer trabajo fue el de G. Isaac (1967), antes incluso que el de Voorhies (1969), que planteó que los criterios empleados para evaluar si un conjunto se había visto afectado por procesos postdeposicionales de carácter hídrico (presencia de gravas, patrón orientado de los materiales, evidencias de rodamiento y abrasión, sesgo por tamaños, etc.) no servían para la mayoría de los yacimientos (Isaac, 1967), ya que normalmente no se daban este tipo de entornos en los yacimientos arqueológicos. De esta forma, Isaac llevó a cabo un experimento en el que depositó 5 conjuntos de piezas líticas con un tamaño entre 3 y 10 cm (bifaces, hendedores y lascas de material volcánico) en un canal efímero que solo se activaba en periodo de lluvias. Los resultados

obtenidos al cabo de un año le permitieron concluir que, según el sustrato, las piezas mostraban comportamientos diferentes. Aunque este autor no tuvo en cuenta con las variables de peso y medidas de las piezas, su investigación fue el punto de partida para el estudio más completo que años después desarrollaría K. Schick (1984, 1987). En este caso, se centró en los restos resultantes de la talla de artefactos y su distribución espacial en relación con el impacto de los flujos fluviales, con experimentos en *flume* (canal artificial controlado) y la simulación de yacimientos en ambientes naturales. Este trabajo (Schick, 1984) puso en relieve la importancia de la morfología de las piezas y el grado de transporte de los artefactos, así como el hecho de que el sustrato juega un papel determinante en el desplazamiento (e incluso protección) de las piezas según su tamaño.

Otros trabajos posteriores también se enfocaron en cuantificar el impacto de los medios fluviales en la industria lítica (Petraglia and Nash, 1987; Harding et al., 1987; Lenoble and Bertran, 2004; Bertran et al., 2012; Walter and Trauth, 2013), pero ninguno fue tan completo como el desarrollado por Schick. Es importante mencionar un trabajo anterior, el de M. Shackley (1974), quien analizó el impacto de las corrientes de agua sobre las piezas en sílex, cuantificando los tipos de abrasión y los factores que determinaban el grado de abrasión. El estudio de Harding et al. (1987) permitió comprobar la validez de los resultados de Shackley, estudiando el grado de transporte de bifaces en un entorno de lluvias estacionales.

Todos los estudios experimentales, tanto en ambientes artificiales como naturales, estaban enfocados en describir y cuantificar el impacto de las corrientes hidráulicas en la formación de los yacimientos arqueopaleontológicos. Sin embargo, no solo los factores naturales pueden ser los causantes de la acumulación y dispersión de los materiales que se encuentran en un yacimiento, sino que hay un factor muy importante que hay que tener siempre presente: los animales. Este factor no solo es fundamental tenerlo en cuenta en contextos en cueva (como las hienas o los tejones), sino también en los yacimientos al aire libre donde se pueden encontrar elementos que fácilmente pueden ser confundidos con actividades antrópicas. En este sentido, los trabajos de G. Haynes (1983a, 1983b, 2005, 2012) han sido fundamentales para conocer el impacto que pueden tener los elefantes en los yacimientos arqueopaleontológicos, como la presencia de agujeros, maderas pulidas, marcas que pueden ser confundidas con marcas antrópicas o falsos artefactos, como lascas (Haynes, 2012). Anteriormente a los trabajos de Haynes, I. Douglas-Hamilton y O. Douglas-Hamilton (1975) ya señalaron las alteraciones que pueden generar los elefantes, las cuales pueden ser fácilmente confundidas con otros factores y que realmente responden al pateo de los elefantes al pasar y pisar los materiales.

Por otra parte, los trabajos experimentales con carnívoros han permitido cuantificar los patrones de acumulación y dispersión de estos animales, con el fin de poder identificarlos e intentar diferenciarlos de los comportamientos humanos.

Los primeros trabajos se centraron en el estudio del procesado de huesos por parte de carnívoros y su comparación con la alteración producida por los humanos (Miller, 1969, 1975; Bonnichsen, 1973; Sutcliffe, 1970; Hill, 1975, 1976, 1984; Haynes, 1978, 1980; Blumenschine 1986a, 1986b, *inter alia*) con el objetivo de establecer analogías con el registro arqueopaleontológico.

Estos trabajos sirvieron como punto de partida para los numerosos trabajos que se han desarrollado con posterioridad, los cuales han permitido conocer con mayor precisión los patrones de comportamiento de los animales, ya sea a través de estudios experimentales o a través de la observación de los carnívoros en su hábitat natural (Blumenschine, 1988; Blumenschine and Selvaggio, 1988; Marean et al., 1992; Blumenschine, 1995; Capaldo, 1995, 1997; Blumenschine et al., 1996; Domínguez-Rodrigo and Barba, 2006; Pickering, 2002; Pickering and Egeland, 2006; Faith et al., 2007; Mallye, 2007, *inter alia*). Sin embargo, aun a pesar de haber numerosísimos trabajos centrados en la tafonomía de los restos de fauna (Haynes, 1980; Villa, 1990; Enloe et al., 1994; Rosell and Blasco, 2009; Blasco et al., 2010; Yravedra et al., 2010; Enloe, 2012; Sala et al., 2012, 2018; Smith, 2012, 2013; Arilla et al., 2014, 2018; Rodríguez-Hidalgo et al., 2017, *inter alia*), no son tantos los trabajos destinados a conocer los patrones de dispersión resultantes de la actividad por parte de carnívoros.

La acción de los carnívoros ya fue descrita como uno de los factores más podían alterar el registro y la posición de los materiales cuando intervienen en un espacio claramente antropizado (Binford, 1988; Lindly, 1988; Lyman, 1994). Sin embargo, ha sido en los últimos años, y tras el auge de los estudios espaciales en arqueología, cuando se han empezado a desarrollar trabajos más enfocados a analizar los patrones de comportamiento de los animales en cuanto a distribución y dispersión de restos. En este sentido, los trabajos experimentales con lobos, osos, leones y hienas han sido muy útiles para conocer el grado de alteración que pueden provocar estos animales en un escenario originalmente antrópico (Camarós et al., 2013, 2017). Además, las diferencias de comportamiento pueden ayudar a inferir qué animales han podido actuar sobre los restos dejados por los humanos, analizando el grado de dispersión y de modificación de los materiales.

### **1.2.3 Análisis espacial en arqueología del Paleolítico**

Los primeros trabajos en análisis espacial de yacimientos paleolíticos consistían en la elaboración de dibujos o planimetrías, los cuales buscaban la relación entre los materiales en un mismo nivel estratigráfico. En estos trabajos no se realizaba un análisis espacial *sensu stricto*, sino que más bien se informaba acerca de la localización de los restos. Poco a poco, fue creciendo el interés y se empezaron a realizar plantas donde aparecían los contajes de los materiales y su localización espacial. De esta forma, se tenía una idea de las zonas donde se daban las mayores o menores concentraciones de restos, anticipando la llegada de lo que luego sería

una de las grandes herramientas empleadas en cualquier estudio espacial: los mapas de densidad.

Estos primeros estudios de arqueología espacial empiezan a aplicar métodos de clasificación no supervisada, como k-means (Ammerman et al., 1983; Simek and Larick, 1983; Simeck, 1984; Vaquero, 1999), además de test estadísticos que permiten dotar de significancia estadística a las correlaciones observadas (Hietala and Stevens, 1977; Hodder and Okell, 1978; Simek and Larick, 1983; Simek, 1984; Vaquero, 1999) y a la identificación de patrones según su distribución (Hietala and Stevens, 1977; Aldenderfer, 1981; Kintigh and Ammerman, 1982; Kintigh, 1984; Simek and Leslie, 1983; Simek, 1984, *inter alia*). Muchos de estas aplicaciones tuvieron como base estudios en ecología, ya que en este campo ya se llevaba tiempo aplicando estadística de identificación de patrones espaciales (Kershaw, 1964; Pielou, 1977; Prentice and Werger, 1985, Sterner et al., 1986; Skarpe, 1991, *inter alia*).

Cuando se empieza a profundizar en las cuestiones temporales a partir de los datos proporcionados por los análisis espaciales, surge la cuestión de separar y diferenciar conjuntos arqueológicos diacrónicos contenidos en un mismo paquete sedimentario (Fruitet, 1991). Es a finales de los años 80 cuando surge la arqueostratigrafía, un tipo de análisis dentro de la arqueología espacial que surge a partir de la estratigrafía y la capacidad de localizar momentos de ocupación en un yacimiento (Ferring, 1986; Stein and Deo, 2003). En 1991 se publicó el trabajo sobre el yacimiento de L'Aragó, donde se mostraba la posibilidad de distinguir niveles arqueológicos de ocupación dentro de una misma matriz sedimentaria, debido a que una rápida sedimentación conservó los conjuntos de materiales y permitió su distinción en ocupaciones reiteradas (Fruitet, 1991). Han sido varios los trabajos que se han llevado en arqueostratigrafía (Vaquero et al., 2001; Vaquero and Pastó, 2001; Stein and Deo, 2002; Canals et al., 2003; Canals and Galobart, 2003; Sañudo et al., 2012; Sánchez-Romero, 2012; Roy et al., 2014; Sánchez-Romero et al., 2017, *inter alia*), pero la presente Tesis tan solo se va a limitar a mencionarlo como una parte de la que se encarga la arqueología espacial. En este trabajo, debido al tipo de datos que se han manejado, no se han podido llevar a cabo análisis arqueostratigráficos de detalle.

La llegada de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) supuso un gran avance en los estudios de análisis espacial en arqueología paleolítica, permitiendo avanzar en la comprensión de los procesos de formación de los yacimientos, a través de la aplicación de herramientas que permiten un control espacial de todo el registro arqueopaleontológico.

Los análisis de densidad han sido, y siguen siendo, la forma más común para representar las zonas de mayor y menor acumulación de restos, ya que muestra de manera gráfica y sencilla las zonas de máxima concentración de materiales.

Prácticamente todos los trabajos realizados incluyen un mapa de densidad (Sañudo et al., 2012; Sánchez-Romero, 2012, 2017; Blasco et al., 2016; Pop et al., 2016; Spagnolo et al., 2016; Alperson-Afil, 2017; Villaverde et al., 2017, *inter alia*), aunque aún se sigue empleando en algunas ocasiones el contaje por cuadros (D'Andrea et al., 2002; Geiling et al., 2016).

Sin embargo, aun a pesar de que este sistema para representar las zonas de mayor y menor acumulación de restos está bastante extendido, no permite una delimitación sujeta a significancia estadística, sino que es más dependiente del criterio del investigador. Para ello, existen otras herramientas que identifican las principales acumulaciones de material en base a unos criterios definidos y su relación con el área en el que se encuentran, como la estadística Getis-Ord  $G_i^*$  o Anselin Local Moran's I, más conocidos como *hotspots*. Este método no se encuentra muy extendido en arqueología, a excepción del trabajo de Caruana et al., 2014, en el que se aplica para el análisis morfométrico de las huellas de uso en industria lítica, y en el trabajo de Sánchez-Romero et al., 2016, donde por primera vez se aplica el análisis *hotspots* a la distribución de materiales en un yacimiento, con el objetivo de caracterizar las concentraciones más importantes de restos de fauna en el yacimiento de Ambrona. Posteriormente, han surgido más trabajos que aplican este método de análisis para tanto para dotar de mayor concreción a las acumulaciones identificadas (Domínguez-Rodrigo and Cobo-Sánchez, 2017a, 2017b; Shipton et al., 2018).

Las herramientas disponibles para los SIG han permitido aunar gran cantidad de información, permitiendo analizar gran cantidad de variables, no solo del objeto en sí mismo, sino en su conjunto, teniendo en cuenta en el análisis todos los materiales que componen el registro en el contexto del yacimiento. En los estudios de arqueología espacial es muy necesario tener presente el contexto, por lo que los trabajos realizados en reconstrucciones cobran aún más importancia. En este sentido, no son muchos los trabajos centrados en conocer las paleotopografías de los yacimientos, ya que no suele contarse con información suficiente que permita llevar a cabo este tipo de reconstrucción. En arqueología paleolítica son muy pocos los trabajos que se han desarrollado, como el de García-Moreno et al., 2016, donde se lleva a cabo la reconstrucción de los procesos hidrológicos y su influencia en la formación del yacimiento de Neumark-Nord 2. En general, las reconstrucciones relacionadas con los yacimientos paleolíticos están más centradas en grandes áreas (Benito-Calvo, 2004; Benito-Calvo et al., 2008, 2015; Petraglia et al., 2012; Karampaglidis et al., 2014; Karampaglidis, 2015; Breeze et al., 2015; Uribelarrea et al., 2017) y no tanto en lo que es el propio yacimiento, como la paleotopografía.

La adaptación en la aplicación de los métodos de análisis desarrollados en un primer momento en el campo de la geología (Woodcock, 1977; Benn, 1994), junto con la aplicación de los SIG, ha permitido que el análisis espacial haya dado un salto cualitativo en el campo de la arqueología de yacimientos paleolíticos. Con la

aplicación de técnicas de análisis tradicionalmente empleadas en geología y el desarrollo de otras nuevas, se está consiguiendo avanzar en el estudio de los patrones de acumulación y dispersión de materiales, pudiendo incluso inferir los procesos que han intervenido en la formación del yacimiento y su grado de intervención.

En este aspecto, los primeros trabajos se centraron en el análisis de los patrones de orientación de las piezas líticas, siguiendo el mismo método que se aplica en el análisis de partículas sedimentarias (Bertran and Texier, 1995). El objetivo de este trabajo era conocer el grado de alteración del registro arqueológico, analizando las fábricas de las piezas y deduciendo los procesos que han podido alterar su posición original a partir del análisis de la orientación y la pendiente de los restos líticos (Bertran and Lenoble, 2002; Lenoble and Bertran, 2004). En el trabajo de P. Bertran y A. Lenoble (2002) se aplica un método de análisis basado en los parámetros empleados en geología sedimentaria (Woodcock, 1977; Benn, 1994), el cual permite una representación tridimensional de las fábricas de las piezas, considerando tanto la orientación como la pendiente de los objetos. Posteriormente, otros autores han aplicado este sistema de análisis para conocer los procesos que han podido intervenir en los conjuntos arqueopaleontológicos (McPherron, 2005; Benito-Calvo et al., 2009), aplicándolo incluso en trabajos experimentales (Benito-Calvo et al., 2011).

El estudio de los patrones de orientación ha resultado una herramienta de análisis muy útil para inferir el proceso que ha podido participar en la acumulación o dispersión de los restos. Como ya se ha mencionado, Bertran y Lenoble (2002) ya lo aplicaron en el estudio que llevaron a cabo de diferentes niveles arqueológicos de varios yacimientos paleolíticos franceses. Sin embargo, otros trabajos posteriores fueron un paso más allá al combinar estas técnicas con test unimodales y multimodales (De la Torre and Benito-Calvo, 2013), ya que hasta el momento solo se habían centrado en los unimodales (Rayleigh). La diferencia entre unos test y otros radica en que el test de Rayleigh solo alcanza a identificar patrones unimodales (es decir, de una dirección), mientras que si el patrón indica varias direcciones este test no los detecta. Para ello, los test multimodales (Kuiper) permiten conocer aquellos patrones que muestran varias direcciones.

El cálculo de las orientaciones de los materiales a partir de dibujos o planimetrías ha permitido dotar de mayor entidad a información generada por excavaciones más antiguas. En este sentido, los trabajos de Boschian and Saccá, 2010; Benito-Calvo and De la Torre, 2011 y Sánchez-Romero et al., 2016 han demostrado que es posible conocer los patrones de orientación de piezas de las que solo se conservaban planimetrías, extrayendo más información acerca de los yacimientos y de los procesos que han podido intervenir en su formación.

El cálculo de orientaciones mediante planimetrías también se ha combinado con otras técnicas. Como ejemplo, el trabajo experimental de M. J. Walter y M. H. Trauth (2013) partió de la base de las extensas acumulaciones de bifaces que se han encontrado en los yacimientos de Ologesailie y de Kariandusi, en Kenia. Las cuestiones que se planteaban eran si estas concentraciones respondían a comportamientos antrópicos o si se trataba del resultado de procesos fluviales. Para ello, se llevaron a cabo una serie de experimentos con bifaces para conocer su comportamiento al ser expuestos a varias corrientes controladas de agua en un *flume*. En este trabajo, se combinaron la experimentación con los bifaces y el dibujo de éstos para la toma de datos de orientación. El resultado de este trabajo indicó que en flujos de energía relativamente alta y no constante se daba una reorientación perpendicular de los bifaces a la dirección de flujo (Walter and Trauth, 2013). En otros casos, se han llevado a cabo trabajos que han combinado estas técnicas de cálculo de orientación de los materiales a partir de dibujos junto con la reconstrucción de las paleosuperficies (García-Moreno et al., 2016; Sánchez-Romero et al., 2016), permitiendo conocer los procesos que han intervenido en la formación de los yacimientos con gran precisión.

Actualmente, además de profundizarse en el uso y desarrollo de herramientas de análisis en arqueología espacial de yacimientos paleolíticos, se está asistiendo a una nueva aplicación de estas herramientas a nivel micro, como la aplicación de las técnicas SIG al análisis morfométrico de huellas de uso en piezas líticas (Caruana, 2014; De la Torre et al., 2013; Benito-Calvo et al., 2015, 2017, 2018; Caricola et al., 2018).

La versatilidad en la aplicación de los análisis SIG permite un análisis de superficies variadas, tanto a nivel macro (como en geomorfología o geografía) como medio (aplicación al análisis espacial de yacimientos) y micro, tal y como se ha mencionado sobre estas líneas.





2

Yacimientos



## **2.1. Ambrona**

### **2.1.1. Historia de las investigaciones**

#### *2.1.1.1. Fase I: 1914 - 1916*

Las primeras intervenciones en el yacimiento de Ambrona (Soria) se desarrollaron entre 1914 y 1916 bajo iniciativa de Enrique de Aguilera y Gamboa (1845-1922), XVII Marqués de Cerralbo (Navascués et al., 1996). Las primeras informaciones relativas a este yacimiento proceden de la correspondencia mantenida entre el jefe de estación del momento (Guillermo Fernández) y el cura de Ambrona (Juan López Alonso) con el Marqués de Cerralbo (Santonja et al., 2005a). Es importante destacar la existencia del inédito *Catálogo Monumental de la provincia de Soria* de Juan Cabré (Ortego, 1982), redactado en 1917, donde se encuentra información más explícita de Ambrona. En este documento se encuentran las fotografías del emplazamiento del yacimiento, así como de la excavación, de los restos de fauna e industria, y del propio Marqués posando junto con más personas en el yacimiento (Cabré, 1917; Santonja et al., 2005a). Las cartas del jefe de estación (Guillermo Fernández) informaban semanalmente a Cerralbo acerca del desarrollo de las excavaciones y los hallazgos encontrados, llegando a proporcionar algunos croquis de la posición de los restos (no conservados junto a las cartas) (Santonja et al., 2005a).

En 1914 excavaron durante siete semanas, entre los meses de mayo y julio. Las fotografías recuperadas de J. Cabré (Fig. 2.1.1) parecen corresponder a esta campaña, y permiten situar los trabajos en el extremo norte del borde occidental de la conocida como Loma de los Huesos. Guillermo Fernández indica, en una de sus cartas al Marqués, que el depósito tenía una potencia de 3,5 metros y que la densidad de huesos no era uniforme (Santonja et al., 2005a).

Las cartas de 1915 hacen alusión a dos momentos en el desarrollo de las excavaciones. Un primer periodo entre mayo y julio, donde se informaba de la localización de restos de ciervo y elefante; y otro periodo, en octubre, donde se retomaron los trabajos en una zona ya excavada y que apenas proporcionaron materiales. Santonja et al. (2005a) indica que posiblemente se trate de la zona ya excavada en 1914 en la Loma de los Huesos, ya que en ese sector se observa una evidente disminución en la densidad de restos (Howell et al, 1995; Pérez-González et al., 1999). Es posible que, ante esta escasez de restos, los ánimos decayeran y se desistiera de seguir con los trabajos, aunque en 1916 (octubre) se mencionen nuevos trabajos en la misma loma. Estas nuevas catas puede que se abrieran en la parte central del yacimiento, hacia la posición que actualmente ocupa el Museo *in situ*. Estas deducciones se han hecho a partir de la descripción de los trabajos de F. Clark Howell durante 1963 (Howell, 1965), y la información proporcionada por

Mariano Riosalido, quien fue contratado por el Marqués de Cerralbo durante dicho periodo (Santonja et al., 2005a).

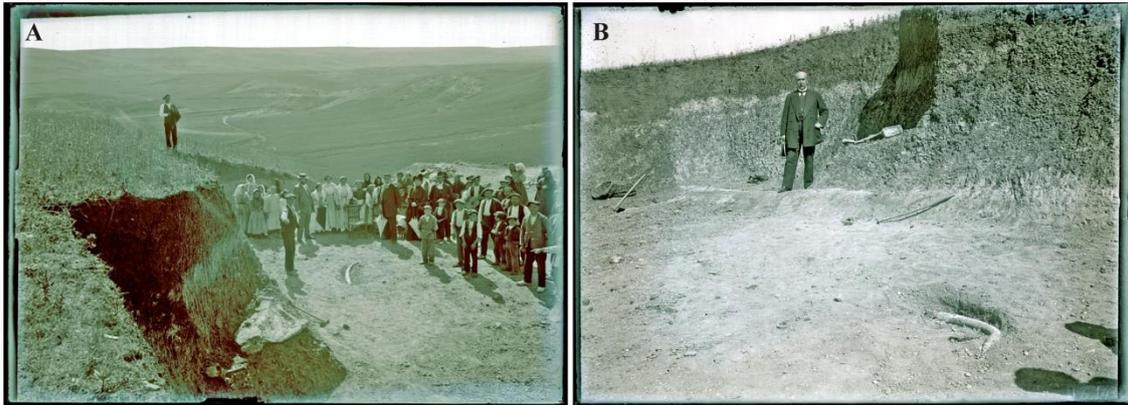


Figura 2.1.1: Fotografías tomadas por Juan Cabré. A) Fotografía tomada desde la Loma de los Huesos (1914). En primer plano se aprecia un omóplato y una vértebra de elefante, y parte de una defensa hacia el centro de la fotografía. En el centro del grupo puede distinguirse al Marqués de Cerralbo con una sombrilla. B) Misma zona que la otra fotografía, pero desde una perspectiva diferente. Aquí aparece posando el Marqués de Cerralbo en solitario (Santonja et al., 2005a).

*Figure 2.1.1: Photographs taken by Juan Cabré. A) Photo taken from the Loma de los Huesos (1914). In foreground it is possible to distinguish an elephant's scapula and vertebra, as well as a part of a defense in the center of the photo. In the middle of the group, the Marquis of Cerralbo is the person who holds a parasol. B) Same zone than the other photo, but from a different point of view, and with the Marquis of Cerralbo posing alone.*

En cuanto a los restos excavados durante los trabajos de Cerralbo, en 1960 se hizo un conteo de los restos de fauna (Howell et al., 1963): más de 525 restos de elefante, 86 de caballo, 37 de gran bovino, 25 de ciervo y 3 de rinoceronte. Todos estos restos se encontraban repartidos entre el Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN), el Museo Arqueológico Nacional (MAN) y el Museo Celtibérico (MC), actualmente conocido como el Museo Numantino de Soria. En cuanto a la industria lítica, C. Howell hizo un recuento de 543 piezas (Aguirre, 2005).

#### 2.1.1.2. Fase II: Años 60 - 80

En el IV Congreso Panafricano de Prehistoria y Estudios del Cuaternario (PACPQS) celebrado en Léopoldville (Congo), y que congregó a un gran número de especialistas en arqueología, se habló del concepto de *sitios de ocupación*. L. Pericot mencionó Torralba como un posible caso comparable, según la interpretación de Cerralbo, y C. Howell, quien asistía y por aquel entonces ejercía de profesor en la Universidad de Chicago, se interesó por el yacimiento (Aguirre, 2005). C. Howell solicitó (y obtuvo) una ayuda a la Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research (WGF) para realizar una campaña de prospección en el lugar. En 1961 comenzaron las excavaciones en Torralba patrocinadas por la National Science Foundation (NSF) y con un equipo multidisciplinar: Karl W. Butzer (geología), Josefina Menéndez y Emiliano Aguirre (paleontología), Pierre Biberson, Dolores Echaide (quien se encargaba de la gestión y dirección de las excavaciones),

Desmond Collins, Peter Taylor, Blanca Izquierdo y José Vilorio (Aguirre, 2005). Durante esta primera campaña en Torralba se obtuvieron resultados muy positivos, e incluso se hizo una prospección en Ambrona. Esta primera aproximación a Ambrona también dio sus frutos y relanzó las investigaciones en el yacimiento, planteándose un proyecto para el bienio siguiente. El sistema de excavación empleado durante estos años es el conocido como Método Wheeler (Wheeler, 1956), en el que se excava una cuadrícula dejando como testigos las paredes de los cuadros (Fig. 2.1.2). De esta forma, al dejar estas paredes se podía ver la evolución de los niveles estratigráficos y poder hacer una estratigrafía detallada. Una vez se tenía la estratigrafía estudiada y dibujada, se excavaban los muros y se dejaba toda la extensión limpia con los materiales excavados en superficie. Estos materiales eran posteriormente registrados y dibujados, tal y como se verá en el capítulo de Resultados, donde se habla de los planos de dispersión de materiales de Ambrona.

Las excavaciones en Ambrona se prolongaron hasta 1963 (Aguirre, 2005), en las que participaron muchos investigadores procedentes de diversas instituciones, restauradores del MNCN y vecinos de los pueblos aledaños, quienes participaron en la excavación de los yacimientos como trabajadores asalariados. En los diarios de D. Echaide, a los que hemos podido tener acceso, se refleja el control de las personas que acudían cada día al yacimiento, las labores de cada uno de ellos, sus características y rasgos físicos, lo que cobraban por jornada, y muchas más anotaciones que nos han permitido conocer un poco más la rutina de las excavaciones durante estos años. En estos diarios, tal y como se hace en la actualidad, se llevaba un registro bastante minucioso de lo que había dado de sí el día: cuántas personas habían estado trabajando, qué zonas se habían excavado, qué niveles, qué se había recuperado, qué problemas se habían encontrado, las visitas del día, etc. Antes de terminar la campaña de 1963, se diseñó el proyecto del Museo *in situ*, iniciativa de Emiliano Aguirre. La idea de C. Howell fue dejar sin levantar parte de los materiales excavados, tras asegurarse de que podía contar con la ayuda económica para poder cobijarlos (Aguirre, 2005). Este conjunto permanece aún en Ambrona y alberga un conjunto de fósiles muy interesante, ya que permite dar a conocer cómo aparecen los restos en campo, tal y como se encuentran durante el proceso de excavación.

Los trabajos en Ambrona no se retomaron hasta 1973, cuando se llevó a cabo una excavación marginal bajo la dirección de E. Aguirre. Durante esta campaña se excavaron unos 207 m<sup>2</sup> en una zona adyacente al Museo *in situ*, donde los depósitos arcillosos sin excavar provocaban unas humedades importantes en el edificio. En el transcurso de estos trabajos se excavaron más de 300 restos de fauna y unos 30 nuevos restos líticos. Después de esta breve intervención en Ambrona, los trabajos se pararon hasta 1980.

La nueva, y última, etapa de las excavaciones dirigidas por C. Howell y codirigidas por Leslie G. Freeman y Martín Almagro Basch comenzó en el verano de 1980 y se prolongó durante 1981 hasta 1983 (Fig. 2.1.2). Estos trabajos contaron con financiación de la NSF, el Comité Conjunto Hispano-Norteamericano para la Cooperación Cultural y Educativa (Madrid) y la National Geographic Society. Durante este periodo se excavaron unos 1260 m<sup>2</sup>, en las áreas Este, Centro-Oeste y junto al Museo (Aguirre, 2005).



Figura 2.1.2: Fotografías del proceso de excavación en Ambrona tomadas en diferentes momentos. A) Fotografía tomada por Emiliano Aguirre durante los trabajos de excavación de Ambrona en la campaña de 1963. B) Fotografía del proceso de excavación de uno de los cuadros del Sector Este de Ambrona durante la campaña de 1981 (Enrique Navalpotro). En el recuadro de arriba a la derecha se explica de forma gráfica el Método Wheeler de excavación por cuadros dejando los testigos.

*Figure 2.1.2: These photographs show the excavation process in Ambrona in different stages. A) Photo taken by Emiliano Aguirre during the Ambrona fieldworks in 1963. B) Photo taken by Enrique Navalpotro where it is possible to see the excavation process of the East Sector during the fieldwork developed in 1981. The up-right box shows the Wheeler Method, which it explains the excavation of the squares leaving non-excavated trenches between them.*

Durante este periodo, se excavaron unos 2400 m<sup>2</sup> (sin contar con los metros cuadrados excavados en la loma de enfrente, el llamado Sector Norte) de los 6000 m<sup>2</sup> estimados por C. Howell para todo el yacimiento. Los resultados de las excavaciones fueron presentados, con la colaboración de K. Butzer en los aspectos relacionados con la estratigrafía y medioambiente, de R. Klein sobre los aspectos paleoecológicos y zooarqueológicos, y de L. Freeman para las cuestiones relacionadas con la industria lítica. Según la documentación recopilada en el Human Evolution Research Centre (HERC) de la Universidad de California en Berkeley, se estuvo preparando una monografía muy detallada sobre los trabajos desarrollados en Ambrona, estructurada por campañas y áreas excavadas, pero que finalmente no vio la luz.

### 2.1.1.3. Fase III: 1990-2000

En 1990 comenzó una nueva etapa de trabajos, teniendo como prioridad conocer la evolución geomorfológica del entorno y la posición morfodinámica de los yacimientos de Ambrona y Torralba (Pérez-González et al., 1991, 1997). Esta nueva etapa fue liderada por Manuel Santonja y Alfredo Pérez-González (S&PG),

quienes contaron con el apoyo de varios investigadores procedentes de diferentes instituciones: Carmen Sesé y Eduardo Soto (fauna), Paola Villa (tafonomía), Blanca Ruiz Zapata (palinología) y Rafael Mora (encargado de la excavación en Torralba). Además de todas estas personas, hubo diferentes investigadores y estudiantes que también participaron en las diferentes labores enfocadas en el estudio de Ambrona (Santonja et al., 2005b).

La primera labor que se llevó a cabo fue la de intentar replantear sobre el terreno las zonas anteriormente excavadas, conforme a la documentación publicada. Las primeras intervenciones permitieron conocer la posición morfoestratigráfica relativa de los dos yacimientos, de forma que cuando se abordó la primera excavación en 1993 ya se tenía un conocimiento estimado de la estratigrafía. A partir de este momento, se llevaron a cabo sucesivas excavaciones que permitieron abrir grandes extensiones de terreno y la identificación de las unidades con sus respectivas facies sedimentarias (Santonja et al., 2005b). Estos trabajos permitieron distinguir 2 grandes miembros arqueopaleontológicos: el Miembro Inferior, caracterizado por la presencia de restos de elefante (*Palaeoloxodon antiquus*) e industria lítica achelense; y el Miembro Medio, con abundantes restos de *Equus* e industria del Paleolítico Medio. Se intervinieron un total de 630 m<sup>2</sup> en el Sector Central y unos 58 m<sup>2</sup> en el Sector Este.

Estos trabajos permitieron un gran avance en el conocimiento de Ambrona, ya que se descartó la hipótesis previa en la que se defendía el agente humano como principal responsable de la acumulación de material, y se propuso una nueva. A través de los diferentes estudios llevados a cabo sobre el terreno y los materiales excavados, se llegó a la conclusión de que los procesos que favorecieron la acumulación de materiales son de origen natural y que el impacto humano fue más marginal que principal (Pérez-González et al., 1997; Pérez-González et al., 2001; Santonja et al., 2005b).

#### *2.1.1.4. Fase IV: 2013-actualidad*

Después de 13 años de parón en los trabajos de excavación en Ambrona, en el año 2013 se volvieron a retomar de la mano de Manuel Santonja y Alfredo Pérez-González, con un proyecto de excavación concedido y financiado por la Junta de Castilla y León. Durante el último año de la anterior fase (año 2000) fue posible establecer la primera secuencia estratigráfica general del Miembro Medio, la cual fue confirmada en las campañas de 2013 a 2015. En estos años, los trabajos se centraron en la excavación de los niveles K y J (sector Este), donde, según la revisión de materiales excavados por el equipo de C. Howell en los años 80 (Rubio-Jara, 1996), había material lítico de bastante buena calidad del Paleolítico Medio (Santonja et al., 2017). En esta última fase, la extensión excavada durante estos años ha sido de más de 121 m<sup>2</sup>, obteniendo un número medio de piezas (lítica y fauna) por metro cuadrado para el nivel J considerablemente superior (15,8/m<sup>2</sup>) a

las cifras del Miembro Inferior. La densidad de piezas por metro cuadrado del Miembro Inferior no es homogénea, ya que se pueden encontrar cifras de 6,5 piezas/m<sup>2</sup>, como ocurre en AS1, o entre 1 y 2 piezas/m<sup>2</sup>, como sucede en la unidad AS4 (Santonja et al., 2005). Los trabajos de esta fase se han centrado en los procesos de formación del yacimiento y el grado de impacto antrópico (del que ha derivado parte de esta Tesis), así como en el estudio de los materiales del Paleolítico Medio del Miembro Medio. Asimismo, durante este periodo se ha revisado la estratigrafía elaborada durante la fase anterior, repasando las notas de campo y los perfiles que aún pueden verse en campo, con el objetivo de llevar cabo estudios de estratigrafía arqueológica, análisis espacial y la reconstrucción paleogeográfica de los diferentes niveles de Ambrona. Además, a este conjunto de información se ha añadido la obtenida a partir de las notas de campo, estratigrafías, planimetrías y fotografías generados durante las excavaciones del equipo de C. Howell y L. Freeman (H&F) en los años 60 y 80, y que actualmente se encuentran conservadas en el HERC (Sánchez-Romero et al., 2016).

## 2.1.2. Contexto

### 2.1.2.1. Localización y entorno de Ambrona

El yacimiento del Pleistoceno Medio de Ambrona se encuentra situado en la mitad septentrional de la rama castellana de la Cordillera Ibérica, en la divisoria de las cuencas hidrográficas del Ebro, Duero y Tajo (Fig. 2.1.3), a 150 km al NE de Madrid, en el sur de la provincia de Soria. Se trata de una zona estratégica de paso, entre las tierras altas de la Meseta y el valle del Jalón, que pudo ser utilizada en las migraciones estacionales de las manadas de herbívoros (Butzer, 1971). Este yacimiento, a 2,5 km de Torralba, ocupa una misma posición fisiográfica en el valle del arroyo de la Mentirosa, afluente de origen kárstico tributario por la margen izquierda del alto Jalón, que a su vez confluye con el río Ebro en Zaragoza (Pérez-González et al., 2005).

Ambrona, junto con Torralba, se encuentra en un cruce de estructuras del extremo oriental del Sistema Central y la cuenca terciaria continental de Almazán, en un paisaje kárstico tipo *polje* (Pérez-González et al., 1997). Se trata de una gran depresión en origen cerrada de fondo más o menos plano, desarrollada en una estructura anticlinal parcialmente fallada hacia el Noreste, y a la que se ha denominado *polje de Conquezueta* (Pérez-González et al., 2005). En sus márgenes se conocen diferentes superficies de corrosión-erosión de edad neógena y terrazas rocosas pleistocenas de origen fluvial, las cuales representan las morfogénesis subsiguientes a la apertura por erosión fluvial del *polje*. Los materiales aflorantes pertenecen al Triásico en sus facies Bundtsandstein (facies fluviales rojas de areniscas y conglomerados), Muschelkalk (dolomías y margas, sedimentos marinos y de ambientes litorales someros) y Keuper (margas y yesos) (Pérez-González et al., 2005), muy importantes para la captación de materias primas para la

elaboración de herramientas líticas.

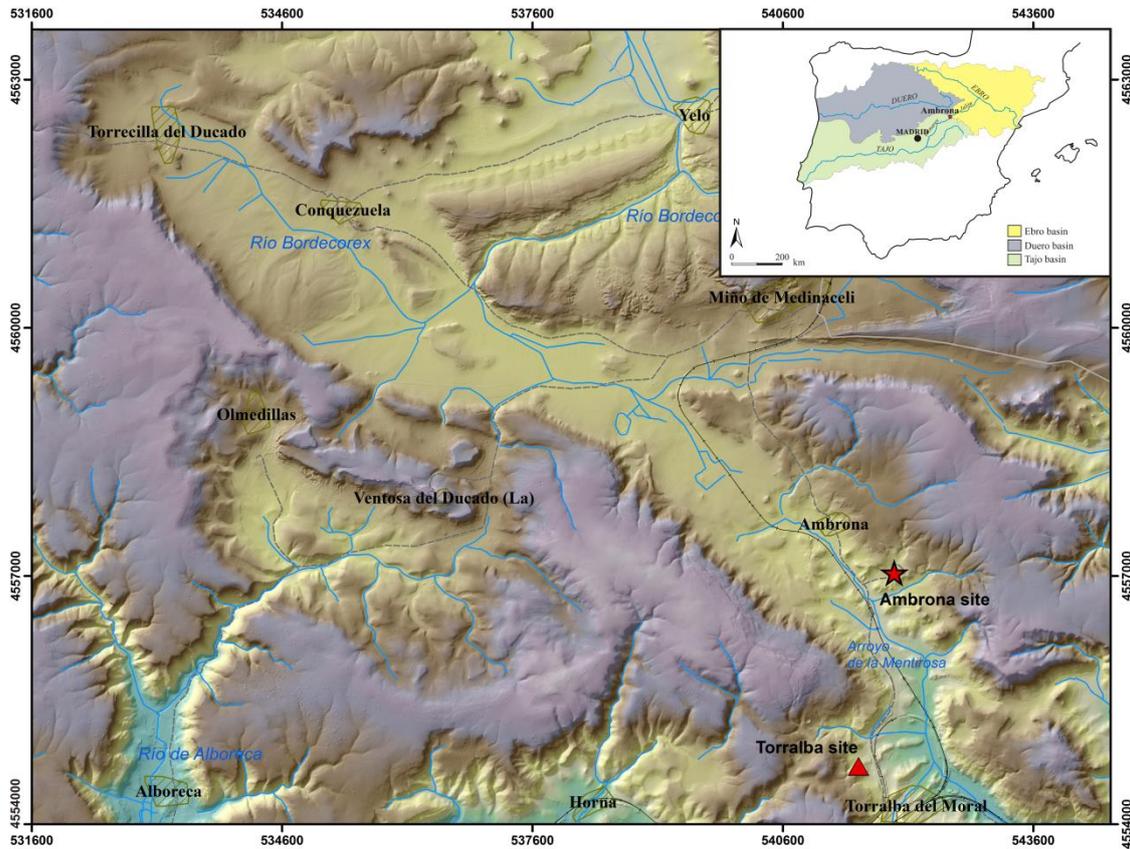


Figura 2.1.3: Mapa del *polje de Conquezueta* donde se sitúan los yacimientos de Ambrona y Torralba. Nótese en el mapa general de la Península Ibérica (arriba a la derecha) la situación del yacimiento de Ambrona, en medio de las tres cuencas: la del Duero, la del Ebro y la del Tajo (Sánchez-Romero et al., 2016).

*Figure 2.1.3: Polje of Conquezueta map where the Ambrona and Torralba sites are located. The location of the Ambrona site is in the middle of three basins (up-right Iberian Peninsula map): Duero, Ebro and Tajo basins (Sánchez-Romero et al., 2016).*

La evolución del *polje de Conquezueta* fue bastante compleja, ya que sufrió un proceso de apertura hacia el exterior con drenaje hacia el Norte, a través del actual río Bordecorex (afluente del río Duero). Este proceso permitió la evacuación por alteración de la Superficie M1 (superficie más joven situada a 1150 m relacionada con la Formación de Dolomías tableadas de Imón y cuya edad parece ser Pliocena) y otras pequeñas plataformas por erosión encajadas en la anterior, las cuales conforman la evolución kárstica del *polje* hasta que el desmantelamiento de estas superficies carbonatadas alcanzó un nivel de erosión local, que es prácticamente el contacto estratigráfico arcilloso del Keuper y las Dolomías de Imón. En el Pleistoceno Inferior-Medio, el *polje* ya era un valle abierto, de fondo plano e impermeable, con una anchura media de 1 km y una longitud de unos 12-13 km (Pérez-González et al., 2005). A este nivel de erosión, actualmente bien conservado en el entorno de la divisoria de las cuencas vertientes del Duero y el Ebro, se le denomina Superficie de Ambrona (SA). Sobre este plano, se empezaron a acumular,

en la segunda mitad del Pleistoceno Medio, los depósitos con fauna e industria achelense en un medio lacustre y fluvial de abanicos aluviales, formándose de esta manera el yacimiento de Ambrona.

#### 2.1.2.2. Secuencia litoestratigráfica

Para K. Butzer (1965), y posteriormente para C. Howell (1995), Ambrona y Torralba pertenecerían a la misma formación y, por tanto, tendrían la misma cronología. Los trabajos de campo y las excavaciones llevadas a cabo en años posteriores permitieron conocer con mayor detalle los procesos de formación del valle y de los yacimientos, contradiciendo lo que hasta el momento se había dicho acerca de la cronología de los yacimientos (Pérez-González et al., 1999, 2001, 2005).

La Formación Torralba fue descrita en Ambrona por K. Butzer, teniendo en cuenta la distribución vertical y horizontal de las litofacies presentes de este yacimiento. Debido a que se intentó describir la misma estratigrafía de Torralba en el yacimiento de Ambrona, la descripción estratigráfica que se publicó sobre este último yacimiento (Howell et al., 1995) resulta bastante confusa cuando se intenta comprender desde los parámetros actuales (Pérez-González et al., 1997, 2001, 2005). Esta descripción de Ambrona dada por K. Butzer distingue un *Complejo Inferior*, constituido por 6 unidades (IIa a IVb), y un *Complejo Superior* formado por 4 unidades (Va a Vd). Esta diferenciación y organización estratigráfica tiene una división de las facies más características por unidades, en función de su localización y posición espacial en el yacimiento (Pérez-González et al., 2005). Los trabajos publicados en 1997 (Pérez-González et al., 1997) mostraron la evolución y génesis del valle, así como los depósitos asociados, demostrando que ambos yacimientos pertenecen a dos formaciones sedimentarias diferentes, generadas en posiciones geomorfológicas distintas y, por tanto, de cronología diferente.

La elaboración de más de 400 m lineales de estratigrafías detalladas durante las campañas de 1993 a 2000, permitieron conocer y ahondar en la descripción y evolución de los niveles y facies estratigráficas de Ambrona. De esta forma, quedaron diferenciados tres miembros principales: el Miembro Inferior, constituido por las litofacies AS1, AS1-2, AS2, AS3, AS4 y AS5; el Miembro Medio, formado por AS6 y las capas F, H, I, J y K (definidas en el sector Este); y el Miembro Superior, formado por AS7 (estéril) (Pérez-González et al., 2005) (Fig. 2.1.4).

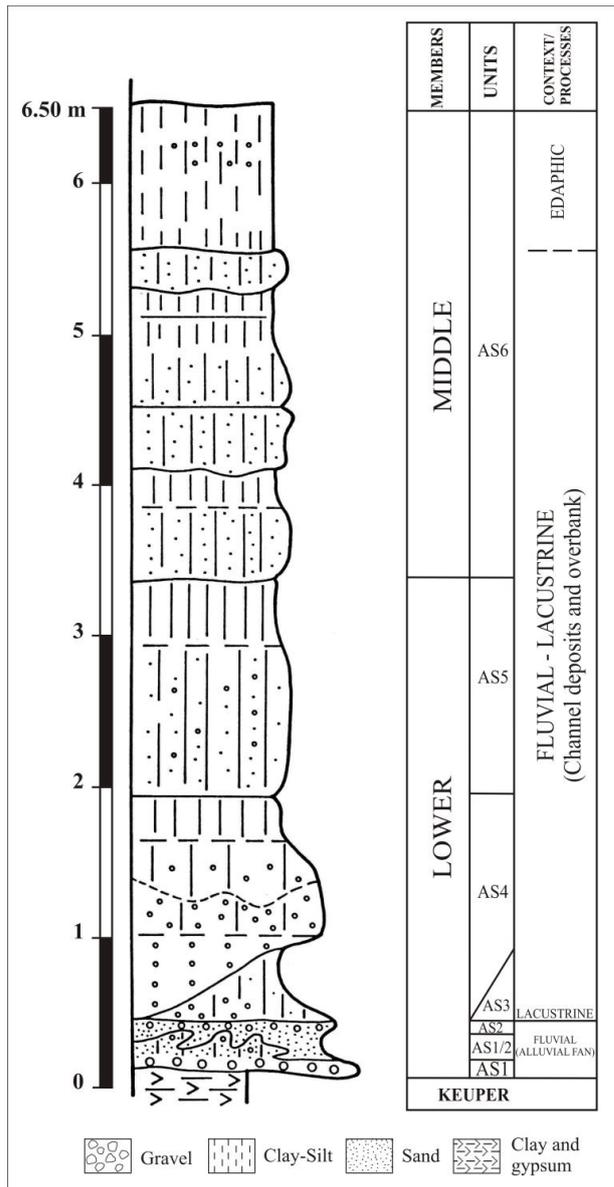


Figura 2.1.4: Columna litoestratigráfica de Ambrona (*modif.* de Pérez-González et al., 2005, Sánchez-Romero et al., 2016). La definición de estas unidades se realizó principalmente considerando la parte central del yacimiento, donde la unidad AS6 apenas quedó preservado debido a que fue retirado con para mecánica por el equipo H&F. Los niveles de AS6 fueron descritos en el Sector Este de Ambrona.

Figure 2.1.4: Lithostratigraphic sequence of the Ambrona site (*modif.* from Pérez-González et al., 2005, Sánchez-Romero et al., 2016). The definition of these units were realized considering the central zone of the site, where the Unit AS6 was barely preserved due it was removed by power shovel by the H&F team. The levels of the Unit AS6 were described in the East Sector of Ambrona.

La evolución de todas las litofacies ha podido ser cartografiada casi en su totalidad, excepto AS6. Esta unidad no ha podido ser cartografiada en su totalidad por el actual equipo debido a que fue desmantelada mecánicamente durante las intervenciones de los años 60-80. Gracias a la recuperación de secciones estratigráficas elaboradas durante esos años, se ha podido hacer una correlación estratigráfica y poder ver en qué zonas estaba presente (Sánchez-Romero et al., 2016). Hay que mencionar que en las secciones hay zonas en las que AS6 no

aparece, debido a que cuando se realizó la descripción estratigráfica ya había sido retirado con pala mecánica. Por esta razón, no es fácil controlar la evolución y cambios laterales de facies de esta unidad, sobre todo en las zonas del centro y norte del yacimiento. El depósito de Ambrona tiene un espesor aproximado de unos 6,5 m en la zona central (máximo espesor), siendo el sustrato del Triásico Superior con las facies Keuper de lutitas grises y rojas y yesos. A continuación se van a explicar brevemente las diferentes litofacies que conforman cada uno de los Miembros de Ambrona (Pérez-González et al., 2005):

*Miembro Inferior:*

- **AS1:** Depósito formado por gravas soportadas de carbonatos. Aunque las facies de gravas son mayoritarias, pueden encontrarse facies arenosas donde el espesor de la unidad alcanza su mayor potencia. Su presencia es prácticamente continua en todo el yacimiento, aunque parece que al sur y al norte del yacimiento pierde potencia y parece que no está representado. Espesor medio de 0,20 m.
- **AS1/2:** Presenta dos subfacies: una arcillo-limo-arenosa muy fina con alguna grava caliza flotada, a la que se superpone, o pasa por cambio lateral de facies, una de arenas con gravillas ocasionales que pueden presentar laminaciones. Espesor de unos 0,60 m.
- **AS2:** Depósito formado por gravas calizas soportadas o gravas soportadas por arenas. Las gravas están subredondeadas. Se acuña junto con AS1/2. Espesor máximo de 0,10 m.
- **AS3:** Depósito limo-arcilloso, con escasa presencia de arenas, y con clastos carbonatados flotados. Su espesor tiene una clara tendencia a disminuir hacia el norte y oeste del yacimiento. La litofacies superior (AS4) lo va erosionando localmente, creándose el efecto de *overlapping* hacia los extremos, donde va desapareciendo (Fig. 2.1.5). El espesor de los fangos grises superiores alcanza los 0,60-0,70 m.
- **AS4:** Depósito grano-decreciente que comienza con gravas calizas subredondeadas. Verticalmente pasa a gravas soportadas por limo arcillas-arenosas. Hay estructuras de deformación por hidro-plasticidad hacia el techo, donde la textura cambia a arcillo-limosa con escasa fracción arenosa. El espesor total puede alcanzar 1,50 m.
- **AS5:** Depósito grano-decreciente en contacto plano sobre AS4. A muro, hay una capa basal arcillo-limosa con bajos porcentajes de arena y gravilla, y a techo unos 40 cm de arcilla-limosa. Espesor aproximado de 1 m.

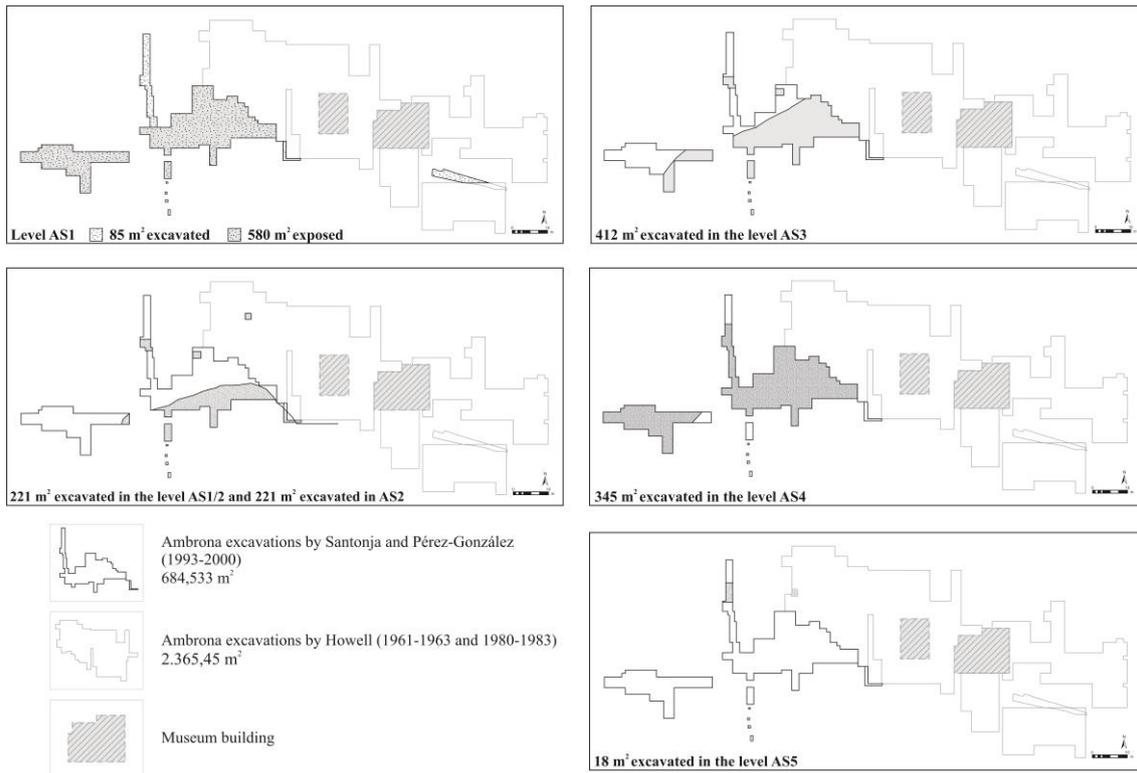


Figura 2.1.5: Plantas donde se muestra la extensión y límites de los niveles excavados del Miembro Inferior durante las campañas de 1993-2000 (Santonja et al., 2017). La cifra de los metros cuadrados excavados por el equipo H&F es aproximada.

Figure 2.1.5: Extension and limits of the levels excavated in the Lower Stratigraphic Member during the fieldworks of 1993 to 2000 (Santonja et al., 2017). The number of squared meters excavated by the H&F team is approximate.

### Miembro Medio:

- **AS6:** Esta unidad comprende dos texturas, en ocasiones alternantes, una de ellas arcillo-limosa y la otra arcillo-limosa o limo-arcillosa con altos contenidos en fracción arena. En el sector Este (donde se han centrado las excavaciones de los últimos años), se encuentran las capas F, H, I, J y K, las cuales no son siempre continuas. F es una de las más constantes y de mayor espesor. Encima de ésta encontramos J, donde se han centrado los trabajos de excavación y análisis de industria lítica del Paleolítico Medio. A techo de J se encuentra K, que sufrió un proceso de edafización anterior a su enterramiento por AS7, caracterizado por procesos de iluviación de arcillas con cutanes delgados y continuos.

### Miembro Superior:

- **AS7:** Sólo se ha documentado en el sector Este, ya que, al igual que AS6, fue retirado con pala mecánica en la mayor parte del yacimiento. Está formado por facies clásticas de canal de calizas subredondeadas y subangulosas. A

techo de la secuencia y cubierto por unas facies aluvionares se reconoce un suelo ( $B_t$ ) con estructura pseudoprismática mediana. Depósito estéril y cuya potencia puede alcanzar algo más de 1,50 m.

La extensión de las diferentes litofacies del Miembro Inferior fueron publicadas en Pérez-González et al. 1999, con una revisión en la publicación de 2005. El trabajo que se ha ido realizando estos últimos años con las estratigrafías y el procesado de las secciones estratigráficas, ha permitido la realización de plantas de mayor detalle con los datos de las excavaciones de los años 90 y 2000 (Fig. 2.1.5) (Santonja et al., 2017). Tal y como se verá más adelante, la digitalización de las estratigrafías de detalle ha permitido la reconstrucción de la paleogeografía de Ambrona, desde el Keuper hasta AS6.

### 2.1.2.3. Cronología

Para establecer la cronología de los depósitos de Ambrona, se han aplicado diferentes técnicas de datación. Los datos paleomagnéticos sitúan el Miembro Inferior en el Pleistoceno Medio (Parés et al., 2005), resultado que parece confirmarse con la asociación de micromamíferos realizada por Sesé y Soto (2005). La herpetofauna analizada de AS3 y AS4 parece correlacionar el Miembro Inferior de Ambrona con la última parte del MIS 11, en particular con el interestadial MD47-I4 (Blain et al., 2015), datado en ca. 369 ka (Bassinot et al., 1994). Asimismo, la posición morfoestratigráfica de Ambrona se ha correlacionado con las terrazas +40-45 m del río Henares, las cuales son anteriores a 350 ka, según dataciones hechas por U-Th en una plataforma travertínica (Howell et al., 1995; Benito-Calvo et al., 1998). Por otra parte, las dataciones obtenidas por ESR/U-series sobre dientes de *Equus* para el Miembro Medio de Ambrona (AS6) han aportado cronologías de 366+55/-51 ka y 314+48/-45 ka, mientras que para los niveles inferiores AS1 y AS2 las cronologías oscilan entre los 284±17 ka y los 316±26 ka (Falguères et al., 2006).

Actualmente, y debido a las dudas que presentan los datos, estas dataciones se encuentran en revisión, ya que parece que las piezas dentales de caballo presentaban ciertos problemas debido a la incorporación o lixiviación de uranio en los tejidos (Duval, en proceso). Durante las campañas de 2016 y 2017 se han seleccionado una serie de dientes de *Equus* y de elephas para replantear de nuevo las dataciones por ESR/U-series para los Miembros Medio e Inferior, respectivamente.

### 2.1.3. Industria lítica

Los materiales líticos excavados por el equipo H&F durante los años 60-80 fueron publicados en 1995, en un estudio general donde se presentaron los resultados obtenidos tras la excavación del Complejo Inferior de Ambrona (Howell et al., 1995). En este estudio se presenta un conjunto de 1388 piezas (61 bifaces, 335

útiles sobre lasca, 384 lascas, 62 núcleos y 546 productos de talla), pero sin mencionar las divisiones estratigráficas ni la dispersión espacial de las piezas, aunque sí una distribución por grandes áreas y una descripción de cada grupo tipológico. La escasa presencia de núcleos y la falta de lascas de bifaz hicieron pensar en que hubo una escasa preparación y fabricación de herramientas líticas dentro de la extensión del yacimiento, aunque no se descarta que hubiera habido una actividad de talla más intensa en zonas próximas al yacimiento (Howell et al., 1995; Santonja et al., 2005c). El origen de las materias primas también seguía siendo un tema de interés, mencionando que el aporte al yacimiento probablemente fuera desde distancias variables. El origen de la cuarcita lo situaban en los conglomerados del Bundsandstein de Miño (a unos 4,5 km de Ambrona), mientras que una variedad de sílex procedería de algún punto del Jalón, a unos 50 km de distancia (Freeman, 1994; Howell et al., 1995; González Echegaray and Freeman, 1998; Santonja et al., 2005c).

El principal problema que se tiene con las colecciones procedentes de las excavaciones de los años 60 y 80 es que, aunque son las más numerosas, se carece de contexto estratigráfico preciso que permita situar dichos conjuntos. Los trabajos de J. Panera y S. Rubio-Jara trataron de adscribir estratigráficamente los materiales líticos a través de la caracterización tecnomorfológica de los conjuntos de los miembros Inferior y Medio, ya que solo se disponía de la referencia estratigráfica reflejada en la sigla (Panera and Rubio-Jara, 1997; Rubio-Jara, 1996). Debido a que en ese momento no se disponía de información suficiente como para establecer la correlación estratigráfica entre la descripción dada por el equipo H&F y la actual, estos estudios solo se pudieron limitar a la caracterización de los materiales siguiendo los niveles reflejados en la sigla de las piezas estudiadas. La recuperación de información inédita que se realizó en el HERC durante la elaboración de la presente Tesis Doctoral, permitirá una aproximación al contexto estratigráfico de estos conjuntos, ya que la correlación estratigráfica de los niveles definidos por el equipo de C. Howell y el actual ya es una realidad (Sánchez-Romero et al., 2016).

En cuanto a las excavaciones desarrolladas durante el periodo 1993-2000, la monografía publicada en 2005 sobre Ambrona hace un repaso muy completo a todos los materiales líticos excavados con anterioridad a 1993, así como a los excavados y analizados con posterioridad (Santonja et al., 2005c). Los Miembros Inferior y Medio son los únicos que contienen restos de industria lítica y fauna, siendo el superior (AS7) estéril. En los sectores Oeste y Central del yacimiento se excavaron 630 m<sup>2</sup>, mientras que en el sector Este, hasta el año 2000, se excavaron un total de 58 m<sup>2</sup> (Santonja et al., 2005c). La variedad de materias primas encontradas en el yacimiento para la industria lítica es amplia, introduciéndose prácticamente todas desde el exterior (excepto algunas calizas) y desde distancias que oscilan entre los 4,5 km (cuarcitas y sílex de Miño) hasta varias decenas de

kilómetros. Los estudios sobre la procedencia del sílex están aún en estudio, pero la publicación más reciente sobre la industria de Ambrona menciona que esta materia prima pudo haber sido importada de áreas localizadas a varios kilómetros de distancia, en cuencas de drenaje no conectadas con Ambrona (Santonja et al., 2017). Los trabajos de campo realizados durante las últimas campañas han permitido la localización de algunos afloramientos de sílex, como los procedentes de los afloramientos del Muschelkalk, de ínfima calidad para la talla (fragmentos poco aprovechables) y que nunca han sido identificados entre la industria lítica del yacimiento), y los localizados en zonas del Alto Tajuña, en la Cuenca de Almazán y en la Cuenca de Madrid.

El Miembro Inferior se caracteriza por la presencia de industria lítica de tipo Achelense, con presencia de bifaces y hendedores. La mayoría del conjunto de industria procede de la unidad AS3, aunque del resto de unidades también se han recuperado bastantes piezas. Este conjunto, formado por 728 piezas (Santonja et al., 2017), ha evidenciado la presencia de distintas cadenas operativas, incluyendo las de tipo Levallois. El sistema de talla predominante es discoide, bifacial y multipolar, destacando que la mayoría se ha hecho con percutor lítico duro aunque también hay evidencias de que se hayan empleado percutores líticos más blandos, incluso orgánicos. Las lascas suelen ser más largas que anchas, con talones poco elaborados y anversos con poco córtex. Los útiles retocados se realizan sobre lascas de similar corticalidad, prefiriéndose lascas de mayor tamaño y el sílex a la cuarcita. Hay presencia de raederas simples y transversales, denticulados (los más abundantes), y raederas y denticulados convergentes (más escasos). En cuanto a los bifaces, muestran siluetas y tamaños variables, predominando los de contorno ovalar y amigdaloides, seguidos de los de filo transversal. Los hendedores tienen unas dimensiones superiores a las medias de los bifaces, con siluetas regulares y equilibradas (Santonja et al., 2005c).

Por otra parte, el Miembro Medio, donde se centraron los últimos trabajos de excavación de la Fase III y las de los últimos años (2013-actualidad), contiene industria del Paleolítico Medio. Aunque los materiales excavados en estos últimos años aún se encuentran en estudio, las excavaciones del 2000 permitieron ver algunas características que permitieron definir los conjuntos líticos recuperados. La industria lítica estudiada presenta un utillaje sobre lasca muy desarrollado con presencia mayoritaria de raederas y denticulados, así como *debitage* discoide y Levallois. Se ha observado cierta estandarización hacia morfotipos simples, laterales y transversales, pero con predominio del retoque regular, simple o plano (Santonja et al., 2005c). En cuanto a las materias primas, hay un predominio del sílex frente a la cuarcita y la caliza en todas las categorías, excepto en los bifaces donde se emplea más la caliza y el sílex. El elevado número de lascas frente a las extracciones contabilizadas en los núcleos y bifaces parece sugerir la existencia de cadenas operativas completas. Aunque el número de bifaces disminuye con

respecto al Miembro Inferior, sigue habiendo un predominio del aspecto amigdaloides y ovalar, con una mayor incidencia del percutor blando en la configuración final y en formación de filos.

#### 2.1.4. Fauna

Las excavaciones dirigidas por C. Howell han proporcionado el conjunto más importante de restos de fauna del yacimiento hasta la fecha, ya que la superficie excavada fue mucho mayor que en intervenciones posteriores (unos 2400 m<sup>2</sup> frente a unos 688 m<sup>2</sup> de las excavaciones de las fases III y IV). Han sido varios los estudios dedicados a este conjunto, tanto para los restos de macro como de microfauna (Aguirre and Fuentes, 1969; Sesé, 1986; Howell et al., 1995). A partir de estos trabajos, se ha estimado el número mínimo de individuos para *Bos primigenius* (MNI = 12), *Equus caballus torralbae* (MNI = 16) o *Palaeoloxodon antiquus* (MNI = 89), por mencionar sólo los más abundantes (Howell et al., 1995). Estas estimaciones corresponden lo que el equipo H&F distinguía como las *Lower Occupations*, las cuales se encuentran diferenciadas según las áreas excavadas (áreas 6-7, área 5, áreas 1-3, etc). Los diferentes trabajos que se han llevado a cabo en Ambrona han permitido hacer un análisis bastante detallado de los restos de fauna encontrados, así como la adscripción taxonómica de los mismos. En este apartado se hará una breve descripción de los taxones identificados más destacables. Para empezar hay que destacar la presencia de restos de carnívoros, como *Canis lupus cf. mosbechensis*, *Panthera (Leo) cf. fossilis*, *Vulpes sp.*, y otros restos de carnívoros que no han podido ser identificados (Sesé and Soto, 2005).

Los restos más destacables encontrados en Ambrona son los de *Palaeoloxodon antiquus*, ya que son los más abundantes y, aunque con diferencias entre niveles, aparecen en toda la secuencia del Miembro Inferior. Los restos más abundantes y mejor conservados se encuentran en las unidades AS3 y AS4, destacando sobre todo la presencia de un conjunto de unos 90 huesos correspondientes a un NMI = 3 encontrados en la campaña de 1995. Se ha estimado que se trata de una concentración de huesos pertenecientes a un individuo joven, a una hembra y a un macho, encontrándose este último casi completo (*Concentración Alpha*) (Sesé and Soto, 2005) (Fig. 2.1.7). Se trata de una concentración de singulares características, ya que se encuentran representadas prácticamente todas las partes anatómicas, algunas incluso en su posición anatómica natural y en conexión, lo que indica que el conjunto debió sufrir poco transporte (Villa et al., 2005; Sesé and Soto, 2005; Sánchez-Romero et al., 2016). En otras áreas del yacimiento no se dan este tipo de concentraciones, sino que los restos se encuentran más dispersos y fragmentarios.



Figura 2.1.7: Fotografía tomada durante el proceso de excavación de la *Concentración Alpha* durante la campaña de 1995.

*Figure 2.1.7: Photography taken during the excavation of the Alpha concentration in the fieldwork of 1995.*

Uno de los aspectos más curiosos asociado al hallazgo de restos de elefante en Ambrona y Torralba es el descubrimiento de puntas de marfil durante los trabajos del equipo H&F. Estas puntas, muchas de ellas biseladas, eran bastante abundantes (casi tres docenas) y fueron consideradas en su momento como artefactos óseos manufacturados por humanos (Howell and Freeman, 1983) (Fig. 2.1.8A) debido a su aspecto biselado y pulido. Sin embargo, estudios posteriores concluyeron que estas puntas son el resultado de una fracturación natural. En contextos modernos (como las sabanas), las pugnas entre machos adultos de elefantes (Haynes, 1991) generan este tipo de fracturación tan característica de las puntas de sus defensas (Villa and D'Errico, 2001), las cuales son bastante comunes alrededor de los pozos de agua en épocas de sequía. El pulimento que se ve en estas puntas puede estar provocado por el uso natural que normalmente hacen estos animales de sus defensas, como remover el suelo en busca de alimento o agua (Haynes, 1991; Haynes, 2012).

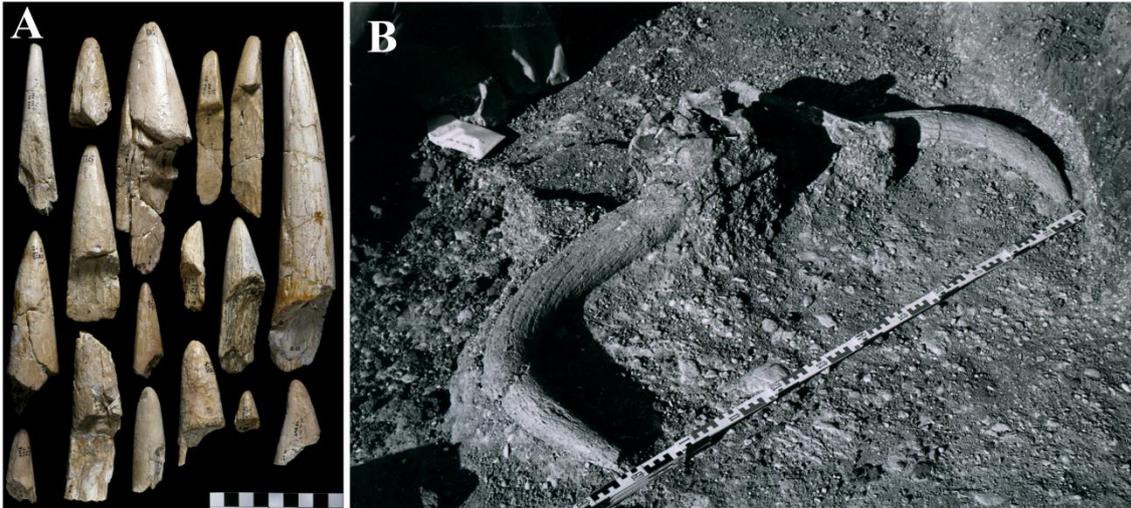


Figura 2.1.8: A) Puntas de marfil procedentes de las excavaciones de C. Howell y L. Freeman en Ambrona y Torralba (Museo Numantino, Soria) (Villa and D'Errico, 2001). B) Cráneo de bóvido encontrado durante el proceso de excavación de la campaña de 1963 (fotografía de Emiliano Aguirre).

Figure 2.1.8: A) Ivory points excavated by C. Howell and L. Freeman in Ambrona and Torralba sites (Numantino museum, Soria) (Villa and D'Errico, 2001). B) Bovid skull found during the fieldwork of 1963 (photo by Emiliano Aguirre).

Otro de los restos de macrofauna que se encuentran en Ambrona es *Stephanorhinus hemitoechus*, representado por con un único fragmento de mandíbula con dentición (unidad AS1). En la publicación de Aguirre y Fuentes (1989) se cita la presencia de *Dicerorhinus hemitoechus*, aunque Howell et al. (1995) muestra cierto escepticismo al tratarse de una especie muy poco común en Ambrona y Torralba, ya que los pocos restos encontrados no permitirían establecer una base para la llegar a una clasificación específica (Sesé and Soto, 2005). En cuanto a la presencia de caballo, aparece prácticamente en todos los niveles del Miembro Inferior alcanzando su mayor presencia en el Miembro Medio, donde es mayoritario. Este taxón está menos representado en el Miembro Inferior que los grandes cérvidos o bóvidos, siendo la mayoría de los restos identificables piezas dentales. (Howell et al. (1995) señala que no se encuentran elementos en conexión, excepto algunos dientes que puedan estar asociados. Respecto a los restos de cérvido, aparecen en todas las unidades del Miembro Inferior, excepto en AS5. Casi todas las partes esqueléticas están bastante bien representadas, tanto del esqueleto craneal como del postcraneal, aunque en su mayoría se trata de restos incompletos y fragmentarios. No obstante, se han encontrado restos enteros e incluso en conexión anatómica (Sesé and Soto, 2005). Los taxones de cérvido documentados en Ambrona son *Cervus elaphus*, *Dama* cf. *dama*, *Capreolus* sp. y *Megaloceros* aff. *Savini*. En muchos casos no se ha podido precisar la especie debido a la dificultad de distinguir unas especies de otras a partir de restos tan fragmentarios. Sin embargo, los bóvidos están bastante bien representados por restos craneales (Fig. 2.1.8B), los cuales permiten su identificación taxonómica, y por partes del esqueleto postcraneal. La indeterminación entre *Bos* y *Bison* entre

los restos de Ambrona, sobre todo en lo que respecta al esqueleto postcraneal, dificultan hacer una valoración general acerca de cuál es el taxón más abundante en Ambrona. Sin embargo, los restos craneales sí que han permitido identificar con claridad *Bos primigenius* en casi todas las unidades del Miembro Inferior (Sesé and Soto, 2005).

Además de los restos ya mencionados de mamíferos de tamaño medio y grande, han aparecido restos de microfauna, como anfibios (*Bufo bufo*, *Bufo calamita*, *Discoglossus* cf. *jeanneae*, *Hyla arborea*, *Pelobates cultripes*, *Pelodytes punctatus*, *Rana perezi*) y reptiles (como saurios de la familia Lacertidae y ofidios, como *Cf. Elaphe scalaris*, *Natrix* sp. o Colubrinae sp.) (Martínez Solano and Sanchiz, 2005). Debido a que la presencia de agua fue determinante en la formación del yacimiento de Ambrona, no es raro que se hayan encontrado restos de ictiofauna. Los restos encontrados más abundantes corresponden a vértebras (n = 38) y dientes faríngeos (n = 29), aunque el único taxón que se pudo determinar fue *Chondrostoma arcasii* (Perea and Doadrio, 2005). Es importante mencionar la presencia de avifauna, ya que también ayuda a esbozar algunos rasgos paleoambientales del entorno de Ambrona: *Anser anser*, *Tadorna ferruginea*, *Tadorna* sp., *Anas acuta*, *Anas* sp., *Mergus merganser*, Anseriformes indet., *Fulica* cf. *atra*, *Vanellus vanellus*, *Otis tarda* (Sánchez Marco, 2005). Como se puede apreciar, muchas de estas especies tienen una estrecha vinculación con los ambientes húmedos, confirmando la presencia de charcas y lagunas en el entorno de Ambrona.

Tal y como se ha esbozado anteriormente, hay una clara diferencia en el predominio de taxones entre los Miembros, e incluso entre algunas unidades. Mientras que en el Miembro Inferior hay un claro predominio de elefante, además de la presencia de gran bóvido y caballo, en el Medio sólo se ha documentado caballo. Esto puede deberse a un cambio en las condiciones medioambientales (de ambiente más boscoso y cerrado a un ambiente relativamente más abierto) y a la diferencia de cronologías entre los miembros (Sesé and Soto, 2005).

## 2.2. Amalda

### 2.2.1. Introducción

La cueva de Amalda fue descubierta por Barandiarán en 1927 (Barandiarán, 1946). Las primeras menciones sólo aluden a la presunta existencia de materiales del Paleolítico Superior, sin ahondar más allá (Cabrera Valdés et al., 2004). La localización de la cueva aparece por primera vez en la publicación *El Hombre Primitivo del País Vasco*, escrito por Barandiarán en 1934 (Fig. 2.2.1). En este documento se pueden localizar todos los yacimientos prehistóricos identificados hasta ese momento por todo el territorio vasco (Barandiarán, 1934).

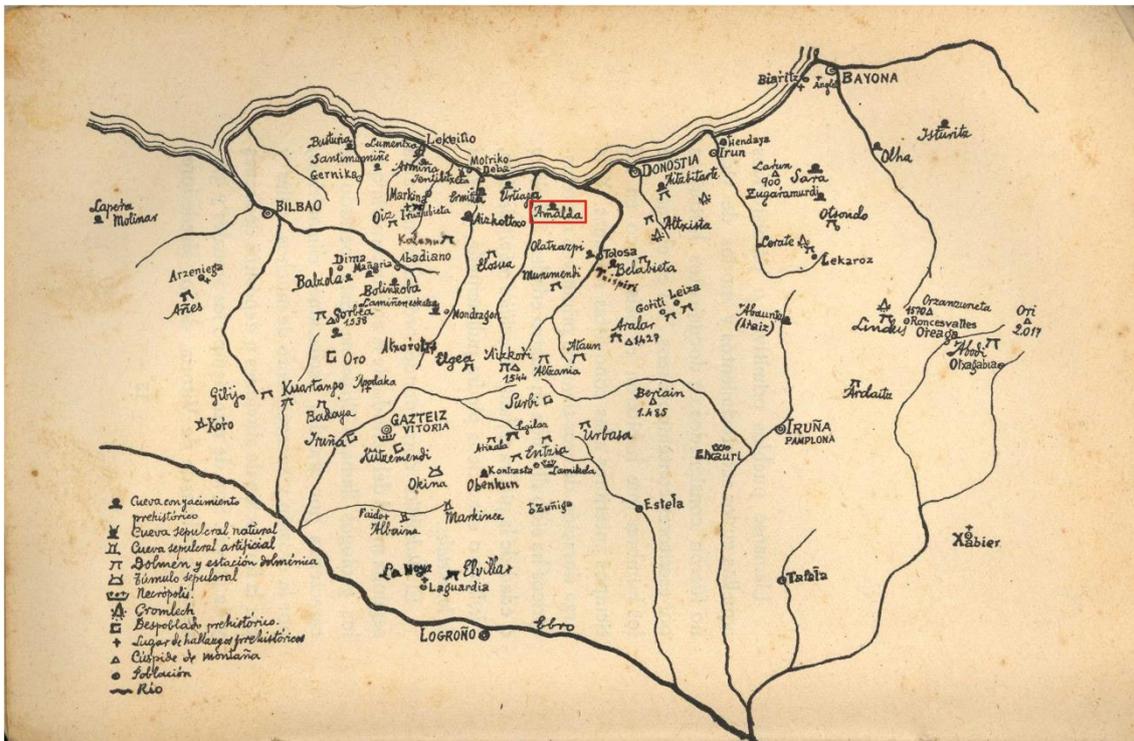


Figura 2.2.1: Mapa donde Barandiarán situó todos los yacimientos identificados hasta el momento por todo el territorio vasco (Barandiarán, 1934).

Figure 2.2.1: Location of the all identified sites by Barandiarán in the whole of the vasque territory (Barandiarán, 1934).

El yacimiento no volvió a ser intervenido hasta 1977, cuando el equipo liderado por Altuna estaba concluyendo las excavaciones en el yacimiento magdaleniense de Erralla, a 4 km aguas arriba de Amalda en el mismo valle del Alzolaras (Altuna et al., 1985). Las excavaciones se desarrollaron entre 1979 y 1984 (Fig. 2.2.2), gracias a la financiación por parte de la Diputación Foral de Gipuzkoa (Altuna, 1990). Durante estos años se excavaron unos 123 m<sup>2</sup>, aunque no se profundizó por igual en toda la zona excavada. Tal y como se puede ver en la Fig. 2.2.3 (modif. de Altuna, 1990), hay zonas en las que se llegó hasta el final de la secuencia y otras en las que se sólo se excavó un nivel o se quedaron en niveles intermedios.

El proceso de excavación se hacía siguiendo la inclinación de los niveles, registrando los materiales según el método de coordenadas cartesianas. Se excavó según lechos o capas, de forma que cada nivel se encuentra compuesto por varios lechos. Las primeras campañas se centraron en el vestíbulo de la cueva (bandas 1-15), mientras que durante los siguientes años se excavaron las bandas interiores (bandas 16-32) (Fig. 2.2.3).



Figura 2.2.2: Fotografía de la excavación dirigida por J. Altuna en la zona de la entrada de la cueva.  
 Figure 2.2.2: Photography taken from the entrance of the cave showing the excavation lead by J. Altuna.

A partir del punto 0 fijado en el muro sur de la entrada se generó la cuadrícula de excavación: al eje X se le asignaron letras mayúsculas (A, B, C, etc.) y al eje Y números (1, 2, 3, etc.). Los cuadros de 1 m<sup>2</sup> se subdividieron en 9 subcuadros de 33x33 cm cada uno, con el objetivo de que el registro de materiales fuera más preciso y se tuviera un mayor control a la hora de cribar el sedimento (Altuna, 1990). El registro del eje Z (cota o profundidad) se hacía con teodolito directamente desde el punto 0 en las bandas 1 a la 15. Debido a que la superficie de la cueva ascendía hacia el interior, se tuvo que cambiar la posición del teodolito con el consiguiente problema de registro, como veremos más adelante. El registro de los materiales de las bandas 16 a la 32 se hizo situando el teodolito a 173 cm por encima del punto 0 original (Altuna, 1990).

Todo el sedimento excavado fue cribado con cribas de 2 mm de luz, mientras que para las muestras de micromamíferos se usaron saquitos de tela de 0,5 mm de luz

para filtrar todo el sedimento (hasta el más fino) y poder recuperar los restos más pequeños de microfauna (Altuna, 1990).

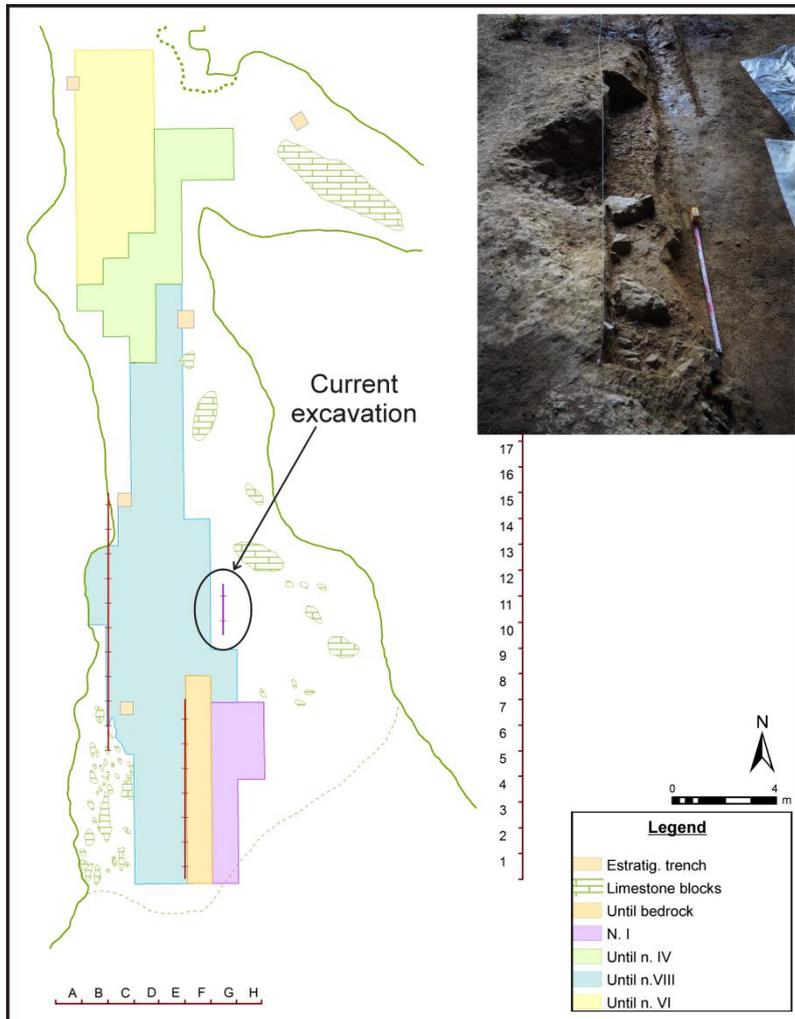


Figura 2.2.3: Planta de Amalda con las diferentes zonas excavadas y hasta qué nivel se llegó en cada una de ellas durante las excavaciones dirigidas por Altuna (modif. de Altuna, 1990). También se marca la zona excavada por el equipo actual, en un lateral del área excavada por el equipo liderado por J. Altuna.

*Figure 2.2.3: Amalda excavation map where it is possible to identify the different excavated zones and the reached level during the fieldworks lead by Altuna (modif. from Altuna, 1990). The excavated area by the current team is also indicated.*

Los trabajos que se desarrollaron durante estos 6 años de excavaciones fueron recogidos en una completa monografía donde se publicaron todas las investigaciones llevadas a cabo: análisis sedimentológicos (Areso et al., 1990), análisis polínicos (Dupré, 1990), geología y entorno del yacimiento (Viera and Aguirrezabala, 1990), industria lítica de los niveles paleolíticos (Baldeón, 1990) y postpaleolíticos (Armendáriz, 1990), estudio sobre los restos humanos procedentes del nivel calcolítico (De la Rúa, 1990), análisis de la macrofauna y su explotación por parte de los grupos humanos paleolíticos (Altuna, 1990) y postpaleolíticos (Mariezkurrena, 1990), análisis de microfauna (Peman, 1990),

avifauna (Eastham, 1990), malacofauna (Borja, 1990) e ictiofauna (Morales and Rosello, 1990).

Los trabajos posteriores dedicados a la cueva de Amalda se han centrado en el estudio de la industria y la fauna, alimentando de esta forma la polémica acerca del uso de la cueva por parte de humanos y carnívoros. Los trabajos de Yravedra (2006, 2007) tuvieron como objeto el estudio tafonómico de los restos de macrovertebrados de Amalda, concluyendo que las acumulaciones de fauna que se encuentran en el yacimiento responden a *aportes biológicos no humanos* (Yravedra, 2006). De esta forma, este autor da un papel predominante a los carnívoros en la acumulación de restos de fauna, relegando la acción antrópica de acumulación de fauna a segundo plano. Esta asunción es importante, ya que los trabajos previos de Altuna (Altuna, 1990) situaban a los grupos humanos como principales agentes en la acumulación de restos en Amalda. Sin embargo, estudios posteriores centrados en la industria lítica y en análisis traceológicos, apuntan a que los humanos pudieron tener un papel más protagonista del que se presume en los trabajos de Yravedra (Rios-Garaizar, 2012). Además, en una reciente revisión por parte del actual equipo de investigación de los materiales excavados bajo la dirección de J. Altuna (en este trabajo) certifica la presencia de marcas de corte en un metapodo *Panthera pardus*, lo que indicaría un procesado por parte de humanos.

Además de estos trabajos con la fauna de Amalda, se han llevado a cabo otros estudios con la industria. El primero es el de Arrizabalaga e Iriarte (2004), donde se partía de la premisa de si se podía comprobar si había elementos que permitieran una identificación de factores contaminantes entre los niveles VI y VII. Este estudio se centró en los materiales del nivel VI (Gravetiense), analizando la dispersión en planta y en profundidad. El resultado obtenido mostró que no se daba una contaminación importante del nivel VI por parte del nivel VII (Musterientse) (Arrizabalaga and Iriarte, 2004). El trabajo posterior de Rios-Garaizar (2012a) para su tesis doctoral, estimó en un 10% la contaminación de restos procedentes del nivel VI al nivel VII. Este trabajo, el más extenso dedicado a la industria lítica de Amalda, ha sido el punto de partida para relanzar el proyecto de Amalda. Los resultados obtenidos con este trabajo indican una ocupación de la cueva y el desarrollo de actividades centradas en el procesado de recursos, tanto carne y piel como de madera. También se llevó a cabo una primera proyección espacial y una modelización de los materiales excavados, con el fin de encontrar agrupaciones significativas. Como se ha comentado, a partir de 2016 se han iniciado nuevas intervenciones en el yacimiento de Amalda dirigidas por J. Rios-Garaizar y L. Sánchez-Romero, subvencionadas por la Diputación Foral de Guipúzcoa. Los primeros resultados de estas intervenciones han sido englobados en la presente Tesis Doctoral.

## 2.2.2. Contexto

### 2.2.2.1. Localización y descripción de la cavidad

La cueva de Amalda (Zestoa, Gipuzkoa) se encuentra localizada en la ladera occidental del valle del Alzolaras, un valle cerrado subsidiario del río Urola y a unos 11 km de la costa actual (Fig. 2.2.4). El acceso actual es complicado, ya que se encuentra a unos 110 m sobre el nivel base del río y el sendero asciende por una ladera boscosa sin sendero marcado.

En cuanto al valle de Alzolaras, la ladera occidental es más vertical que la oriental, que asciende gradualmente hacia la cumbre de Pagoeta (719 m altitud). La ladera oriental es subparalela a los planos de estratificación geológica (pendiente W) y no se encuentran muy inclinados en esta zona, mientras que la ladera oriental corta esos planos formando acantilados (Altuna, 1990). La garganta de Alzolaras es más profunda y estrecha aguas arriba desde la cueva de Amalda, ensanchándose un poco a la altura del yacimiento. Este arroyo circula 4 km hasta confluir en el río Urola, el cual a su vez desemboca actualmente en Zumaia. Esta conexión con el Urola sirvió probablemente como vía natural de comunicación con la sierra de Aizkorri, en cuyos márgenes se localizan pasos de montaña de baja altitud (700 m) que permiten el acceso a la cuenca del Ebro y a la Llanada Alavesa. El río Urola también pudo servir como vía de acceso a la costa. Además, desde el propio valle de Alzolaras o desde el Urola, la conexión con los valles del Oria al este y del Deba al Oeste debió ser muy sencilla (Rios-Garaizar, 2012a). La orografía de la zona es bastante abrupta, por lo que el paisaje más habitual que encontramos es el de relieves escarpados combinados con zonas más suaves, donde actualmente predominan masas boscosas.

En cuanto a la cueva, se abre perpendicularmente en un frente escarpado de calizas urgonianas y su formación es consecuencia de la disolución de estas calizas a favor de una diaclasa subvertical (dirección Oeste-Este), lo que hace que la cueva tenga esa forma subtriangular tan característica (Fig. 2.2.4) (Altuna, 1990; Rios-Garaizar, 2012a). Se trata de una galería amplia, con un desarrollo de unos 50 m, que se estrecha hacia el interior, y en cuyas paredes se conservan indicios de coladas estalagmíticas muy degradadas y poco compactas.

En el mismo farallón donde está localizada Amalda, se encuentra la cueva de Amalda III. En esta cavidad, localizada a unos 25 metros hacia el noroeste de Amalda, se realizó en los años 80 un sondeo que permitió conocer un importante número de restos líticos y de fauna que parecen pertenecer al Paleolítico Medio (Rios-Garaizar, 2012a). Estos restos parecen encontrarse en bastante buen estado de preservación, sin apenas haber sufrido grandes procesos de transporte o alteración. En el entorno de Amalda se encuentran otras cavidades, como Amalda II

(situada entre Amalda y Amalda III), IV, V, VI y VII, Koba Txiki, Erralla II y Aitzorroztz (Rios-Garaizar, 2012a).

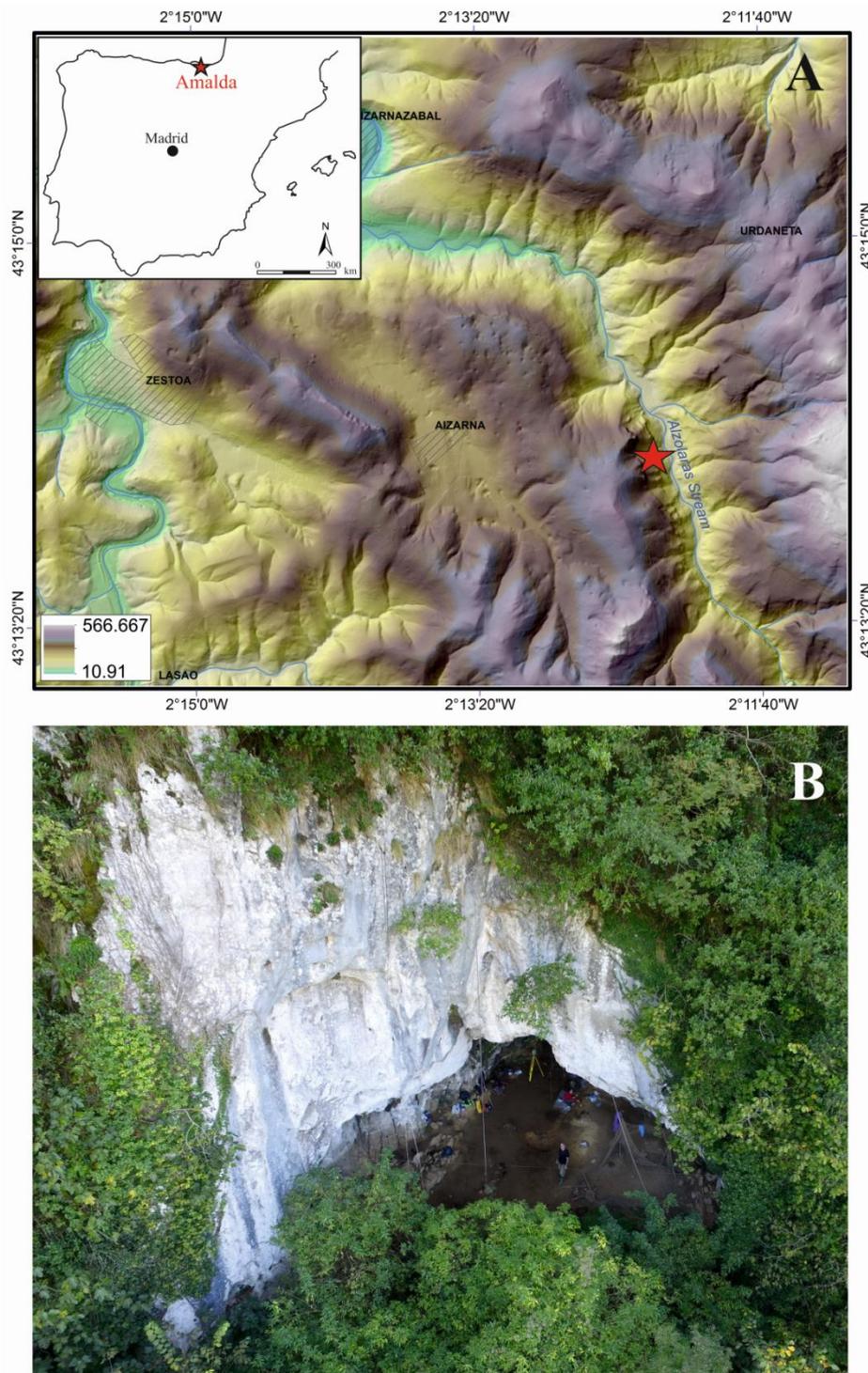


Figura 2.2.4: A) Modelo digital de elevación con la posición de Amalda en el valle del Alzolaras. B) Foto tomada con dron de la entrada de la cueva.

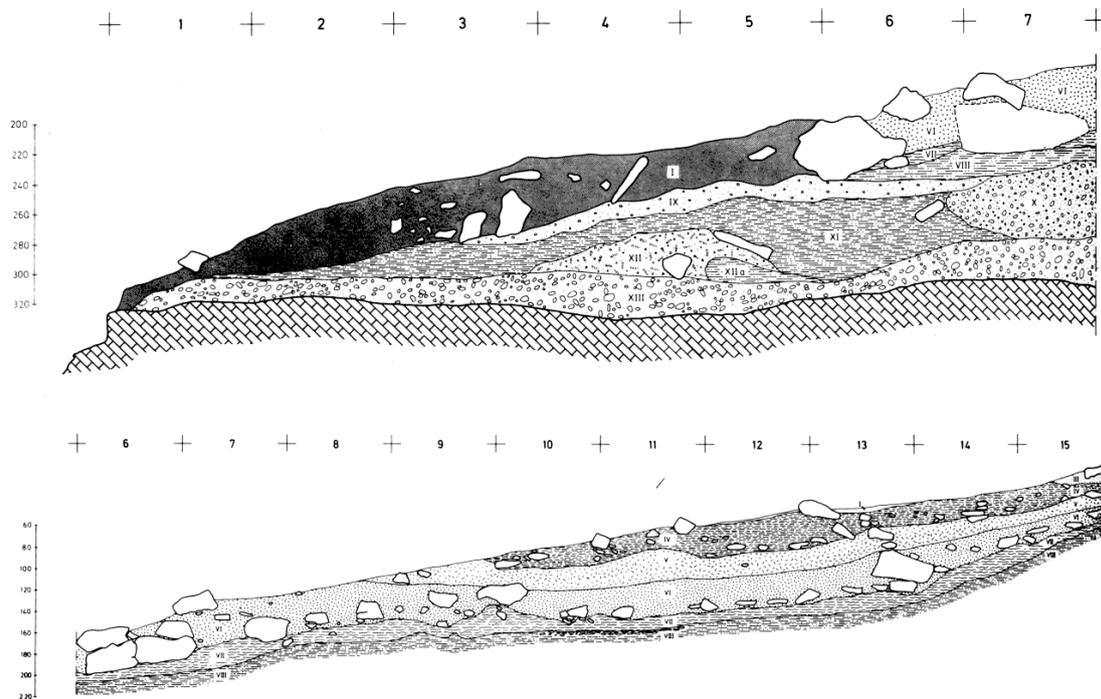
*Figure 2.2.4: Digital elevation model showing the position of Amalda site in the context of the Alzolaras valley. B) Photo taken by drone at the entrance of the cave.*

### 2.2.2.2. Secuencia litoestratigráfica

La descripción de la litoestratigrafía general de Amalda se basa en las observaciones y los análisis hechos durante los trabajos de campo de las campañas desarrolladas entre los años 1979 a 1984. De esta forma, los niveles identificados (Altuna, 1990), de base a techo, son (Fig. 2.2.5):

- **Nivel XIII:** Terraza de grandes cantos rodados. Apoya directamente sobre la roca madre. *Lenarizada*. Estéril.
- **Nivel XIIa y XII:** Nivel descrito como bolsadas situadas sobre la terraza en los cuadros 4 y 5. El nivel XIIa corresponde a una arcilla plástica limpia, mientras que XII contiene gravillas de lutitas rodadas. Estéril.
- **Nivel XI:** Nivel de arcilla rojiza plástica limpia. Espesor variable. Estéril
- **Nivel X:** Terraza que forma una potente bolsada, limitada a las bandas 7 y 8. Estéril.
- **Nivel IX:** Terraza de cantos y gránulos. Matriz rojiza. Estéril.
- **Nivel VIII:** Arcilla rojiza muy plástica, homogénea, limpia. Estéril.
- **Nivel VII:** Nivel de matriz arcillo-limosa, amarillenta, con abundante concreción de carbonato en algunas zonas. En la base del nivel, está concreción aparece más cementada. Contiene restos de fauna e industria musteriense.
- **Nivel VI:** Matriz limosa, amarillenta, dura y compacta en las bandas exteriores; en las interiores, aparece más suelta. Abundantes bloques y cantos calizos. Cantos rodados en la base. Contiene fauna e industria gravetiense.
- **Nivel V:** Matriz limosa, similar a la del nivel anterior pero menos compacta y con menos bloques. Contiene fauna e industria gravetiense.
- **Nivel IV:** Nivel más arcilloso y compacto que el nivel V, de color amarillento. Abundantes bloques y cantos calizos con evidencias de crioclastia. En algunas zonas del interior, este nivel se encontraba cubierto por una concreción estalagmítica en clara discontinuidad con el nivel III.
- **Nivel III:** Nivel arenoso, de color amarillo oscuro, con numerosos cantos pequeños angulosos (sobre todo en su tramo inferior). Contiene materiales calcolíticos.
- **Nivel II:** Nivel limoso, marrón, homogéneo. Es fácilmente diferenciable del nivel subyacente (nivel III). Contiene materiales tardo-romanos.

- **Nivel I:** Nivel carbonoso, de tierra suelta, con abundantes bloques y cantos calizos. Contiene industria tardo-romana (Altuna, 1990:17).



5.3.- Corte estratigráfico. Niveles.

Figura 2.2.5: Perfil E/F entre las bandas 1 a 8 (arriba) y perfil B/C entre las bandas 6 a 15 (abajo) (Altuna, 1990).

Figure 2.2.5: E/F stratigraphic profile among the 1 to 8 lines (up) and B/C stratigraphic profile among the lines 6 to 15 (down) (Altuna, 1990).

En el nivel VII Amalda se han señalado diferencias entre la entrada, la zona central y el interior. A. Baldeón (1990) observó la existencia de diferencias entre las piezas procedentes de la zona central de aquellas que se recuperaron en la entrada y en el interior. Posteriormente, J. Rios-Garaizar (2012a), indicó que las piezas de las bandas 16 a la 22 presentaban alteraciones importantes que parecían sugerir un transporte por agua, mientras que las piezas recuperadas entre las bandas 1 a la 4 mostraban una mayor alteración por procesos de mezcla, de meteorización y transporte gravitacional (Rios-Garaizar, 2012a). Además de los análisis de la industria lítica, los estudios tafonómicos del conjunto de fauna realizados por J. Yravedra (2006) indican que los restos óseos del nivel VII presentan un buen estado de conservación de las superficies, con escasa incidencia de procesos de alteración (*weathering*), rodamiento, abrasión, pisoteo (*trampling*), pulidos, etc. (Yravedra, 2006).

En el año 2017 se abordó la apertura del lateral de una de las secciones de la excavación de J. Altuna con el propósito de revisar y verificar la estratigrafía detallada (Altuna, 1990), así como intentar identificar los niveles descritos previamente por el anterior equipo de trabajo. A partir de la apertura de este

perfil, se realizó una descripción general o mayoritaria de los niveles, de forma que nos permitiera tener una visión general del yacimiento para, a partir de ahí, identificar y aislar los procesos que participaron en la formación del depósito. En los trabajos desarrollados por el actual equipo de investigación se tomó la estratigrafía descrita por Altuna (1990) como base, así como las especificaciones descritas por Areso et al. (1990).

El primer nivel identificado fue el nivel IX, muy característico debido a los pequeños cantos aplanados de lutita; y el nivel VIII, ya que se trata de una arcilla rojiza compactada, estéril, que apoya directamente sobre el nivel IX. Desde el nivel VIII hacia arriba de la secuencia, se identificaron una serie de eventos (Fig. 2.2.6) que no han podido ser correlacionados directamente con los niveles descritos por J. Altuna (1990).

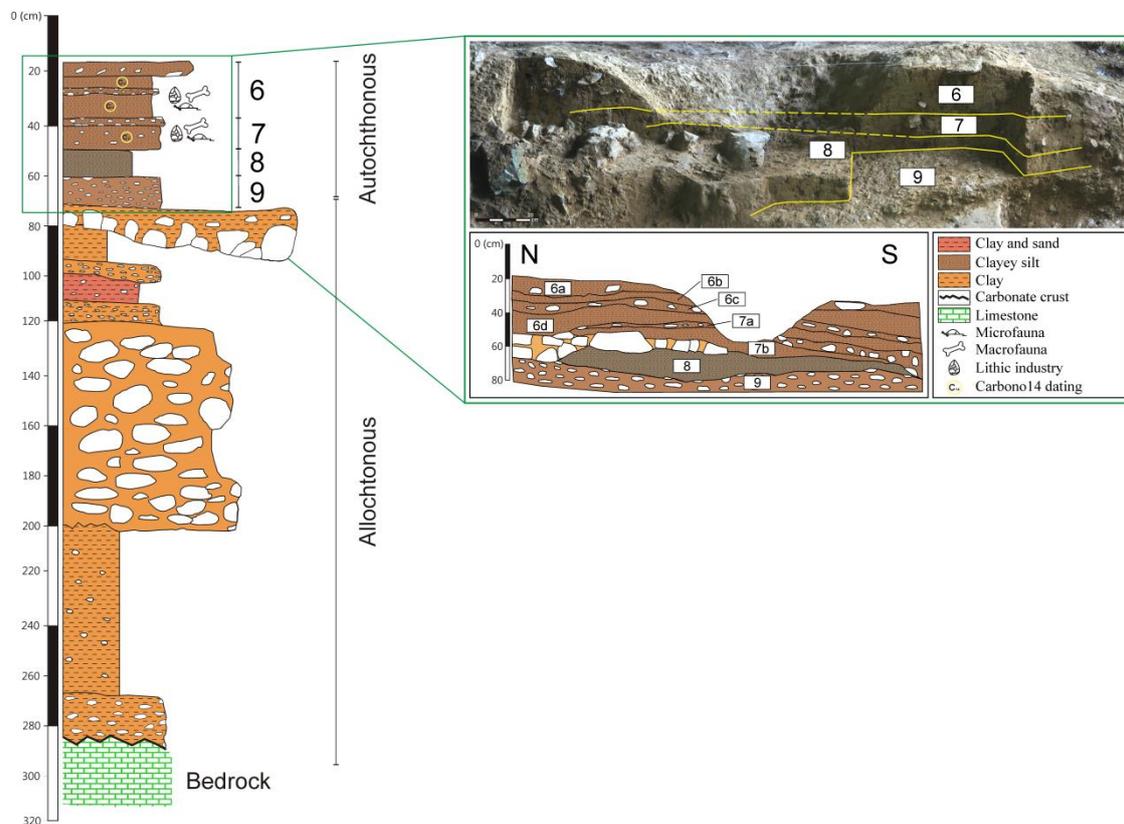


Figura 2.2.6: Columna litoestratigráfica correspondiente a la zona excavada en 2017.

*Figure 2.2.6: Lithostratigraphic sequence described in the excavated zone in 2017.*

Hay que tener en cuenta que el perfil abierto se encuentra en un lateral de la zona excavada, así como a una distancia algo alejada de la zona donde se realizaron y describieron los cortes estratigráficos a partir de los cuales se definió la estratigrafía del yacimiento. A la secuencia identificada en la campaña de 2017 por el actual equipo de investigación se le ha asignado una numeración ordinal (1, 2, 3,...) en vez de la romana de la excavación de J. Altuna. De esta forma, esta es la descripción estratigráfica de los diferentes eventos identificados en campo de

muro a techo, a excepción de los niveles superiores descritos por J. Altuna, que no pudieron identificarse en campo:

1. Sustrato calizo.
2. Costra de color negro, de pocos centímetros, fuertemente cementada y cristalizada. Posiblemente con alto contenido en manganeso, o NPK (nitrógeno, fósforo y potasio).
3. Nivel de gravas y cantos pequeños (ejes mayores pueden alcanzar unos 2-4 cm), elongados y redondeados, polimícticos (de origen alóctono). Matriz arcillosa, plástica, de color anaranjado. Espesor máximo: 20 cm. Nada cementado.
4. Nivel de arcillas plásticas de color naranja, tonalidad clara e intensidad brillante. Se encuentran algunos cantitos o gravillas. Espesor máximo: 100 cm.
5. Nivel de cantos y gravillas elongados y redondeados, polimícticos (de origen alóctono). Sus ejes mayores pueden alcanzar los 7 cm. Apenas hay matriz (algo de arcilla en ocasiones) y nada cementado. En contacto erosivo con las arcillas del nivel inferior (el 4). No se observan estructuras internas. Masivo. Espesor máximo: 80 cm.
6. Relleno en forma de "bolsada". Gravillas heterométricas, polimícticas (de origen alóctono), aplanadas y elongadas. Matriz arcillosa de color naranja, tonalidad clara e intensidad brillante. Nada cementado. Espesor máximo: 25 cm.
7. Nivel de arcillas plásticas de color rojo-naranja, tonalidad clara e intensidad brillante. Contiene gravillas y arenas mal graduadas. Espesor máximo: 10-15 cm.
8. Nivel de gravillas redondeadas, polimícticas (de origen alóctono), aplanadas y elongadas. El eje mayor alcanza los 1-3 cm. Este nivel sella el anterior. Nada cementado. Espesor máximo: 5 cm.
9. Nivel de arcillas plásticas de color rojo-naranja, tonalidad clara e intensidad brillante. Espesor máximo: 20 cm.
10. Nivel de bloques calizos (eje máximo puede alcanzar los 20 cm) subangulosos y subredondeados. Con clastos polimícticos (de origen alóctono), redondeados, elongados y con poca matriz. Esta matriz es arcillosa de color naranja, tonalidad clara e intensidad brillante. Nada cementado. En contacto erosivo con el nivel inferior. Espesor máximo: 20 cm.

- 11.** Nivel de gravilla y cantos de tamaño pequeño (eje mayor puede alcanzar los 3-4 cm), redondeados, imbricados, planares, elongados y polimícticos (de origen alóctono –equivalente a la petrografía regional). Apenas sin matriz. Nada cementado. Espesor máximo: 10 cm. Apoya directamente en el nivel anterior (el 10). A partir de este evento se han podido reconocer los niveles descritos por Altuna (1990). Podría corresponder al nivel IX de J. Altuna, por lo que se va a denominar este evento como “nivel 9”.
- 12.** Nivel limo-arcilloso, de color marrón. El espesor máximo: 10-15 cm. Al igual que en el anterior, este evento podría corresponder con el nivel VIII de J. Altuna, por lo que se va a denominar “nivel 8”.
- 13.** Nivel limo-arcilloso, con muy pocas arenas finas y con alguna gravilla angulosa de caliza. De color marrón, de tonalidad oscura e intensidad pálida. No cementado. A techo aparece industria y macrofauna de diverso tamaño. Presencia de microfauna. Espesor máximo: 10 cm. En este caso, se han reconocido varios eventos que podrían corresponder con cambios de facies dentro del nivel VII de J. Altuna, por lo que se ha dividido en dos, diferenciados por letras minúsculas. En este caso, este evento se ha denominado como “nivel 7a”.
- 14.** Nivel de bloques de caliza y clastos de caliza angulosos, cuyo tamaño oscila entre los 10-25 cm según se va acercando a la roca madre (cuanto más cerca, el tamaño aumenta). Poca matriz, limo-arcillosa y de color marrón. No cementado. Presencia de microfauna. Espesor máximo: 10 cm. Denominado como “nivel 7b”.
- 15.** Nivel de gravillas de caliza mal graduadas, con clastos calizos de tamaño variado (algunos pueden alcanzar los 8 cm en su eje mayor) y angulosos. Matriz limo-arcillosa de color marrón y de intensidad brillante. No cementado. Presencia de microfauna. Espesor máximo: 10 cm. Al igual que ocurre con el nivel VI de descrito por J. Altuna, se han encontrado varios eventos dentro de lo que sería dicho nivel. De esta forma, se han realizado cuatro subdivisiones que se han diferenciado por letras minúsculas. Este nivel se ha denominado como “nivel 6d”.
- 16.** Nivel de pequeños clastos de caliza. Matriz limo-arcillosa, de color marrón e intensidad brillante. No cementado. Presencia de microfauna. Espesor máximo: 5 cm. Denominado como “nivel 6c”.
- 17.** Nivel limo-arcilloso de color marrón y de intensidad brillante. Presencia de algunas gravillas de caliza mal graduadas. No cementado. Presencia de microfauna. Espesor máximo: 10-12 cm. Denominado como “nivel 6b”.

- 18.** Nivel limo-arcilloso de color marrón. Con gravillas mal graduadas y pequeños clastos calizos angulares. No cementado. Contiene industria y fauna. Presencia de microfauna. Espesor máximo: 5 cm. Denominado como “nivel 6a”.
- 19.** Nivel limo-arcilloso de color marrón y con alguna gravilla de caliza. No cementado. Espesor máximo: 5-7 cm.
- 20.** Nivel limo-arcilloso de color marrón. Presencia de bloques de caliza planares y angulosos, cuyo eje mayor puede alcanzar los 15 cm.

Según esta descripción obtenida en el trabajo de campo, se puede abordar la correlación de estos eventos sedimentarios con los niveles por Altuna (1990). La distinción del nivel VI con respecto al VII es compleja ya que, aunque se describe un aumento en la presencia de clastos, no hay una clara separación entre ambos por lo que el límite se estableció en función de los rasgos culturales de los materiales recuperados. De esta forma, para el nivel VI se dice que muestra una:

*Matriz limosa, amarillenta, dura y compacta en las bandas exteriores; en las interiores, aparece más suelta. Abundantes bloques y cantos calizos. Cantos rodados en la base. Contiene fauna e industria gravetiense (Altuna, 1990:19-20).*

Por otra parte, el nivel VII de Altuna es definido como:

*Nivel de matriz arcillo-limosa, amarillenta, con abundante concreción de carbonato en algunas zonas. En la base del nivel, está concreción aparece más cementada. Contiene restos de fauna e industria musteriense (Altuna, 1990:19).*

Para el caso del nivel VI, tal y como se puede ver, hay descritos varios eventos (los que hemos descrito como 6a, 6b, 6c y 6d diferenciados), entre los que hay que destacar el nivel que se encuentra más a techo y en el que se encuentran los materiales líticos y fauna. Es importante destacar que en toda la secuencia del nivel 6 aparece microfauna:

*Nivel limo-arcilloso de color marrón, matiz marronáceo. Con gravillas mal graduadas y pequeños clastos calizos angulares. No cementado. Contiene industria y fauna. Presencia de microfauna. Espesor máximo que puede alcanzar los 5 cm. Correspondería al nivel 6a.*

Por otra parte, el nivel VII descrito por J. Altuna tendría su correspondencia con el nivel 7a descrito por el equipo actual tras los trabajos en campo, ya que es donde se encuentran los materiales líticos y la fauna (a techo de la secuencia de eventos del nivel 7, 7a y 7b):

Nivel limo-arcilloso, con muy pocas arenas finas y con alguna gravilla angulosa de caliza. De color marrón, matiz marronáceo, de tonalidad oscura e intensidad pálida. No cementado. A techo aparece industria y macrofauna de diverso tamaño. Presencia de microfauna. Espesor máximo que puede alcanzar los 10 cm. Correspondería al nivel 7a.

### 2.2.2.3. Cronología

Las primeras dataciones llevadas a cabo en Amalda fueron realizadas a partir de muestras de hueso mediante el método de datación de Carbono 14 (C14) convencional en el Isotopes Laboratory de Westwood (New Jersey). Fueron publicadas en la monografía de 1990 y muestran varias dataciones para los diferentes niveles identificados, aunque aquí sólo nos centramos en los niveles estudiados: el nivel VII, nivel VI y nivel V. Los restos encontrados en el nivel VII y base del nivel VI no tenían suficiente colágeno como para ser datados, por lo que no se tienen cronologías de para estos niveles. Sin embargo, sí se pudieron datar la parte central del nivel VI en  $27400 \pm 1000$  BP (I-11.665) y  $27400 \pm 1100$  BP (I-11.664), la base del nivel V en  $19000 \pm 340$  BP (I-11.663) y la parte central del nivel V en  $17880 \pm 390$  BP (I-11.372) (Altuna, 1990). Existe una datación de C14 para el nivel VI de Amalda, realizada sobre un radio de *Crocota crocuta* que aportó una cronología para este nivel de  $39900 \pm 700$  BP (OxA-10298) (Stuart and Lister, 2014), algo alejada de los resultados obtenidos por J. Altuna pero que concordaría bastante bien con las dataciones obtenidas por Marín-Arroyo et al. (2018) para el nivel VII, tal y como se verá a continuación.

En el marco de un proyecto de evaluación de las condiciones ambientales en la Cornisa Cantábrica durante la transición entre el Paleolítico Medio y el Superior, se obtuvo una nueva serie de dataciones a partir de restos de fauna con señales de manipulación antrópica de la colección de J. Altuna. Las dataciones realizadas en 2015 por AMS con ultrafiltración llevadas a cabo en el ORAU (Oxford Radiocarbon Accelerator Unit) proceden de los niveles V, VI y VII. Los resultados obtenidos ofrecen valores que oscilan entre los  $28710 \pm 300$  BP (nivel VI) y los  $14745 \pm 75$  BP (nivel V) para los niveles gravetienses, y  $44500 \pm 2100$  BP para el nivel VII (Tabla 2.2.1) (Marín-Arroyo et al., 2018).

Level	Square	Species	Bone	Modification	Lab Code	Date (BP)	Error
V (Gravettian)	A 12C 83	<i>Cervus elaphus</i>	Radius	Anthropogenic breakage	OxA-32427	14745	75
VI (Gravettian)	A 7C 167 20	<i>Cervus elaphus</i>	Tibia	Anthropogenic breakage	OxA-32426	28540	310
	A9E 112 1	<i>Cervus elaphus</i>	Tibia	Cut marks	OxA-32501	886	26
	8D 149	<i>Cervus elaphus</i>	Metatarsal	Impact notch	OxA-34934	28710	300
VII (Mousterian)	A 12D 124	<i>Equus sp</i>	Metacarpal	Impact notch	OxA-32425	28640	310
	A8G 204 13	<i>Cervus elaphus</i>	Metatarsal	Anthropogenic breakage	OxA-32500	44500	2100

Tabla 2.2.1: Dataciones realizadas con AMS sobre materiales de Amalda (extraído de Marín-Arroyo et al., 2018).

Table 2.2.1: Amalda materials dated by AMS (Marín-Arroyo et al., 2018).

Por otra parte, en 2016 se seleccionaron dos restos de rebeco mordisqueados y parcialmente digeridos por carnívoros. Esta selección no fue aleatoria ya que, analizando las plantas de distribución y densidad de materiales del nivel VII, se pudo comprobar que las zonas de acumulación de fauna e industria no coincidían. De esta forma, las muestras fueron seleccionadas con el objetivo de datar la actividad carnívora en la zona de máxima acumulación de fauna e industria. La datación se hizo mediante C14 AMS con ultrafiltración (Beta Analytics) y los resultados obtenidos mostraron unas fechas de  $35590 \pm 270$  BP (cuadro 6D) (Beta-451922) y  $28720 \pm 140$  BP (cuadro 9C) (Beta-451923) para el nivel VII. Por último, entre los materiales excavados en la campaña de 2017 se seleccionaron dos restos, uno procedente del nivel 7a y con claras evidencias de digestión, y otro procedente del nivel 6a con una marca de corte. Las dataciones fueron realizadas por C14 AMS con ultrafiltración y arrojaron unas fechas de  $28240 \pm 150$  BP (Beta-481419) para el nivel VII y  $25730 \pm 100$  BP (Beta-481418) para el nivel considerado como VI.

### 2.2.3. Industria lítica

Los principales materiales líticos del nivel VII de Amalda proceden de la zona central (bandas 6 a la 15), donde hay una mayor cantidad de restos y no presentan los problemas de conservación que sí se han encontrado en las bandas más interiores (Baldeón, 1990; Rios-Garaizar 2010, 2012a). La mayor parte de los restos documentados responden al proceso de preparación de útiles y al reavivado de filos, tal y como demuestra la gran abundancia de lascas y esquirlas (Tabla 2.2.2). En cuanto a las materias primas, clasificadas según tipos genéricos y apoyados por análisis petrológicos parciales (Viera and Aguirrezabala, 1990; Rios-Garaizar, 2012a), hay un claro predominio del sílex frente a otros materiales. Cuando se abordó la procedencia de las diferentes materias primas se planteó la posibilidad de que todas tuvieran un origen local, con un radio de captación de unos 14 km (Baldeón, 1990) y siendo Zarautz, Pagoeta, Amansa o el mismo valle del Alzolaras las principales fuentes de aprovisionamiento (Baldeón, 1990). Sin embargo, tal y como se apunta en Rios-Garaizar (2012a), esta caracterización de materias primas y su localización plantea actualmente una serie de problemas. En el momento del estudio no se disponía de información precisa acerca de los afloramientos de sílex del País Vasco, ni tampoco se disponía de una definición concreta sobre materias primas no silíceas que sí aparecían en diferentes yacimientos de la región vasco-cántabra. En este punto, materias primas como la lutita o la vulcanita no se conocían como tal y pudieron ser confundidas con otros materiales como el sílex, caliza, arenisca, limonita u ofita (Rios-Garaizar, 2012a), clasificándose, ahora lo sabemos, de forma errónea. Además, el hecho de que se llevaran a cabo trabajos de cartografía geológica a partir del año 1992 permitió conocer la existencia de un diapiro de ofitas localizado al otro lado del valle de Alzolaras, a menos de 500 m de Amalda (Rios-Garaizar, 2012a).

El conjunto lítico de Amalda se caracteriza por un gran número de materias primas importadas al yacimiento. Esta importación de diferentes materias primas responde a un comportamiento por el que se establecen unos criterios para dicha selección, en función del tipo de modificación que se va a dar a los útiles y el posterior uso de los mismos (Rios-Garaizar 2010, 2012a). Se han documentado una gran variedad de materias primas, procedentes de diferentes fuentes y condiciones. Hay un predominio claro del sílex, siendo más utilizada la variedad del Flysch (procedente de los afloramientos del Cretácico Superior situados a unos 30 km al norte del yacimiento). Sin embargo, también se ha documentado sílex de Urbasa (procedente de los afloramientos del Cretácico Superior del altiplano de Urbasa, a unos 45 km al sureste del yacimiento) y de Treviño (procedente de unas facies carbonatadas miocenas de las sierras de Araico y Cucho, a unos 70 km al sur de Amalda) (Rios-Garaizar 2010, 2012a).

En cuanto a la industria lítica recuperada, las piezas en general están bien conservadas, sin mostrar alteraciones mecánicas de importancia (Baldeón, 1990), aunque se han documentado alteraciones de tipo químico provocadas por la presencia de agua, procesos de desilificación y alteraciones mecánicas (Rios-Garaizar 2010). El agua parece haber sido el principal agente alterador, ya que no se han documentado procesos significativos de arrastre o pisoteo, algo que también se propuso para el conjunto de fauna (Rios-Garaizar 2010; Yravedra, 2006). El conjunto lítico de Amalda se encuentra claramente dominado por la industria en sílex, seguido a muy de lejos por piezas en vulcanita (Tabla 2.2.2)

	Flint	Vulcanite	Ophite	Lutite	Quartz	Quartzite	Other	Total
Cores	2	7	0	0	0	0	1	10
Core on flake	14	1	2	0	0	1	1	19
Flaked pebble	0	1	0	0	0	0	0	1
Cortical flake	29	7	1	1	4	0	2	44
Semi-cortical flake	77	22	9	4	6	3	7	128
Outrepassé blade	1	0	0	0	0	0	0	1
Outrepassé flake	94	32	5	4	1	1	5	142
Overshot flake	8	7	2	2	0	0	0	19
Flakes	274	51	9	66	2	6	8	416
Blades	1	2	0	0	0	0	0	3
Bladelets	6	0	0	0	0	0	0	6
Kombewa flake	45	3	0	0	1	0	0	49
Burinant flake	17	0	0	0	0	0	0	17
Resharpener flake	124	12	0	3	2	1	1	143
Splinters and fragments >1 cm	135	9	1	4	5	5	0	159
<b>Total</b>	<b>827</b>	<b>154</b>	<b>29</b>	<b>84</b>	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>25</b>	<b>1157</b>

Tabla 2.2.2: Clasificación tecnológica del conjunto lítico de Amalda (Rios-Garaizar 2010).

*Table 2.2.2: Technological classification of the Amalda lithic assemblage (Rios-Garaizar 2010).*

Una de las características más reseñables del conjunto lítico de Amalda es la clasificación de las piezas según su tamaño y materia prima y el uso que se les ha dado. De esta forma, las piezas grandes y medias muestran características que apuntan a que ya llegaron al yacimiento con una configuración previa (alta proporción de retocados, materias primas lejanas, heterogeneidad), mostrando de

esta forma un clara segmentación en la cadena operativa (Rios-Garaizar 2010, 2012a). Sin embargo, las piezas de tamaño pequeño y micro, muestran una composición más equilibrada (menor proporción de retocados, materia prima cercana o local), encontrándose representadas todas las fases de producción. En este caso, se observa una clara reducción de los núcleos en el yacimiento (Rios-Garaizar 2010, 2012a). Tal y como se puede observar en la Tabla 2.2.3, hay un claro dominio de las raederas elaboradas en sílex, seguidas muy de lejos por las lascas retocadas también en sílex.

	Flint	Vulcanite	Ophite	Lutite	Quartz	Quartzite	Other	Total	%
Sidescraper	62	26	3	2	0	2	2	97	36,3
Notches and denticulates	25	6	3	4	1	1	0	40	15
Retouched flake	35	5	2	1	0	1	0	44	16,5
Bifacial retouched flake	0	0	0	0	2	0	0	2	0,7
Retouched Levallois point	0	0	1	0	0	0	0	1	0,4
Musterian point	8	0	0	0	0	0	0	8	3
Endscraper	5	1	0	0	0	0	0	6	2,2
Backer knife	1	3	0	0	0	0	0	4	1,5
Truncation	1	0	0	0	0	0	0	1	0,4
Splintered piece	2	0	0	0	0	0	0	2	0,7
Buril	1	0	0	0	0	0	0	1	0,4
Natural backed knife	19	22	4	0	0	0	1	46	17,2
Chopping tool	0	1	0	0	0	0	0	1	0,4
Biface	0	1	1	0	0	0	1	3	1,1
Preform of biface	0	1	1	0	0	0	0	2	0,7
Cleaver	0	0	3	5	0	0	1	9	3,4
<b>Total</b>	<b>159</b>	<b>66</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>267</b>	
<b>%</b>	<b>19,6</b>	<b>28,2</b>	<b>32</b>	<b>50</b>	<b>14,3</b>	<b>23,5</b>	<b>31,3</b>	<b>267</b>	<b>24,6</b>

Tabla 2.2.3: Clasificación tipológica del conjunto lítico de Amalda (Rios-Garaizar 2010).

*Table 2.2.3: Typological classification of the Amalda lithic assemblage (Rios-Garaizar 2010).*

El hecho de que haya un elevado índice de lascas de reavivado (n=143) (Tabla 2.2.2) cuyas dimensiones encajan con los filos de las raederas, apunta a que el proceso de reavivado de filos de raederas tipo Quina o semi-Quina se realizó en el propio yacimiento (Rios-Garaizar 2010). Este reavivado también ha provocado que muchas de las huellas de uso hayan desaparecido.

El análisis traceológico de un total de 84 útiles ha permitido llegar a la conclusión de que las actividades más destacables son las de corte y raspado de materias blandas, medias y duras, así como el trabajo de la piel y carnicería. También se documentaron huellas de impacto en las puntas (Rios-Garaizar 2010, 2012a). El estudio llevado a cabo con la industria de Amalda y el análisis de las huellas de uso proporcionaron resultados muy interesantes, ya que se documentaron dos tipos de actividades. Por una parte, actividades extractivas, donde se llevaron a cabo labores de corte de diferentes materiales para la obtención de tamaños adecuados de carne, piel o madera, así como actividades de caza. Y por otra, raspado, donde se llevó a cabo la transformación de diferentes materiales para la obtención de morfologías o acabados determinados (Rios-Garaizar 2010, 2012a). Además, se ha detectado que los trabajos más precisos se habrían llevado a cabo con utillaje más

pequeño, micro, normalmente elaborado en sílex. De esta forma, existiría un criterio de selección de materias primas y soportes en función del tipo de modificación según el uso que se daría de la pieza. En el caso de las lascas de tamaño más pequeño y micro, se habrían llevado a cabo tareas de corte y de precisión; en el caso de las raederas de tamaño medio, y elaboradas en sílex procedente de fuentes más alejadas, actividades de raspado; las puntas habrían sido empleadas para labores de caza y las lascas kombewa para tareas de corte (Rios-Garaizar 2010, 2012a). Respecto al conjunto macrolítico, fabricado fundamentalmente en vulcanita, ofita y lutita, no se desarrolló un análisis de huellas de uso detallado. Sin embargo, a partir de la presencia de macro huellas (fracturas, desconchados), se apuntó a que probablemente estos útiles (hendedores, bifaces, lascas de gran tamaño) pudieron intervenir en tareas masivas, principalmente de corte (Rios-Garaizar, 2010).

#### 2.2.4. Fauna

Los restos de fauna encontrados en Amalda son, probablemente, los que mayor atención han atraído por parte de distintos investigadores (Altuna, et al., 1990; Pemán, 1990; Eastham, 1990; Morales and Roselló, 1990; Coward, 2005; Yravedra, 2006, 2007). Este interés se ha centrado en dos cuestiones principales. Por una parte, la interpretación ambiental del yacimiento y el entorno del mismo. Y por la otra, la interpretación de la tafocenosis del yacimiento y el papel desempeñado por parte de los humanos y los carnívoros en la cueva.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, el nivel VII de Amalda presenta algunos problemas de conservación en ciertas partes de la cueva, siendo las bandas centrales las mejor conservadas. La mayor parte del material procede de las bandas 6 a 17 (Altuna, 1990b). Como se puede ver en la Tabla 2.2.4, el nivel VII ha proporcionado 967 restos determinables de macromamíferos, de los que 856 corresponden a ungulados y 111 a carnívoros. El taxón más abundante es el rebeco (*Rupicapra rupicapra*), con un número total de restos identificados de 536. Han sido identificados al menos 16 individuos (Altuna, 1990b), de los que al menos tres eran infantiles cuando murieron durante el periodo estival. Por otra parte, mientras el rebeco es la especie dominante en términos de número de individuos cazados y llevados a la cueva, también se han recuperado restos de bóvidos y caballos.

La gran abundancia de rebeco, en comparación con otros ungulados de gran tamaño como los bóvidos, los ciervos o los caballos, puede ser debido en parte a que el yacimiento se encuentra localizado a unos 110 m por encima del fondo del valle y en un lugar de difícil acceso. Estas condiciones no son favorables para el traslado de grandes animales, sino que sería más fácil la gestión del rebeco desde el lugar de caza a la cueva (Altuna, 1990b). Aunque no son muy abundantes, el aporte cárnico de la captura de especies como los bóvidos, ciervos o caballos debió

ser más significativo que el del rebeco. En total, fueron recuperados un total de 58 restos para los bóvidos (MNI = 3) y 48 para los caballos (*Equus caballus*) (MNI = 4). Uno de los individuos identificados de bóvido era infantil y, al igual que sucedía con el rebeco, fue cazado durante su primer verano; también se han identificado un individuo juvenil y otro adulto (Tabla 2.2.5). Otro de los taxones identificados es el ciervo (*Cervus elaphus*), con un mínimo de 5 individuos identificados entre un total de 150 restos identificados. La presencia de esta especie sería bastante habitual en los ecosistemas de los valles del Deba y el Urola, tanto en verano como en invierno (Coward, 2005). Por otra parte, el estado de fragmentación de los restos y la falta de piezas significativas ha impedido la identificación de algunas especies de bóvidos que sí existían en el Cantábrico durante este periodo: *Bison priscus* y *Bos primigenius*.

En cuanto a la presencia de carnívoros, la especie más representada en Amalda es el oso de las cavernas (*Ursus spelaeus*) aunque también se han encontrado restos de *Crocuta crocuta*, *Canis lupus*, *Cuon alpinus*, *Vulpes vulpes* y *Panthera pardus*. Los fragmentos que más abundan son los de cráneo y dientes, así como del esqueleto apendicular (falanges, carpos, etc.) (Altuna, 1990b; Coward, 2005).

Taxon	NR	MNI	%NISP
<i>Rupicapra rupicapra</i>	536	16	62,62%
<i>Cervus elaphus</i>	150	5	17,52%
<i>Capra pyrenaica</i>	61	5	7,13%
<i>Bovini</i>	58	3	6,78%
<i>Equus ferus</i>	48	4	5,61%
<i>Capreolus capreolus</i>	3	3	0,35%
<i>Ursus spelaeus</i>	58	5	52,25%
<i>Vulpes vulpes</i>	29	2	26,13%
<i>Canis lupus</i>	17	3	15,32%
<i>Crocuta crocuta</i>	3	2	2,70%
<i>Panthera pardus</i>	3	1	2,70%
<i>Cuon alpinus</i>	1	1	0,90%
<b>Ungulates</b>	<b>856</b>	<b>36</b>	<b>88,52%</b>
<b>Carnivores</b>	<b>111</b>	<b>14</b>	<b>11,48%</b>
<b>Total identified</b>	<b>967</b>		
<b>Total unidentified</b>	<b>7340</b>		
<b>TOTAL</b>	<b>8307</b>		

Tabla 2.2.4: Taxones representados en el nivel VII de Amalda (modif. de Altuna, 1990b).  
Table 2.2.4: Taxons identified in the level VII of the Amalda cave (modif. from Altuna, 1990b).

<b>Taxon</b>	<b>Infant</b>	<b>Juvenile</b>	<b>Adult</b>	
<i>Rupicapra rupicapra</i>		3	2	11
<i>Cervus elaphus</i>		1	1	3
<i>Capra pyrenaica</i>		1	2	2
<i>Equus ferus</i>		2	1	1
<i>Capreolus capreolus</i>		1	1	1
<i>Bovini</i>		1	1	1
<i>Ursus spelaeus</i>		1	2	2
<i>Vulpes vulpes</i>		-	1	1
<i>Canis lupus</i>		-	1	2
<i>Crocuta crocuta</i>		-	-	2
<i>Panthera pardus</i>		-	-	1
<i>Cuon alpinus</i>		-	-	1
<b>TOTAL Ungulates</b>		<b>9</b>	<b>8</b>	<b>19</b>
<b>TOTAL Carnivores</b>		<b>1</b>	<b>4</b>	<b>9</b>

Tabla 2.2.5: Datos de edad para las especies de ungulados identificados en el nivel VII de Amalda (modif. de Altuna, 1990b).

Table 2.2.5: Age data for the ungulate species identified in the level VII of the Amalda cave (modif. from Altuna, 1990b).

## **2.3. Aranbaltza II**

### **2.3.1. Introducción**

El complejo arqueológico de Aranbaltza fue descubierto en el año 2005, a partir del material recogido por I. Libano entre los años 1998 y 2004, tras las obras de canalización que se estaban haciendo en la zona (Rios-Garaizar et al., 2012b). En total se recogieron unos 2021 restos, los cuales mostraban características tecnológicas y tipológicas muy similares entre sí que apuntaban a la presencia de una ocupación chatelperroniense (Rios-Garaizar et al., 2012b). Sin embargo, las primeras evidencias que apuntaban a la existencia de un yacimiento en esta región del País Vasco proceden de los materiales recogidos por A. Aguirre durante los años 50-60, en la cantera de áridos de Ollagorta (Barandiarán et al., 1960), situada a menos de 100 m de Aranbaltza. Entre estos materiales, se encontraron siete puntas de Chatelperrón típicas y algunos restos característicos como crestas o láminas sobrepasadas. En este yacimiento, J. M. Barandiarán realizó dos sondeos en el frente de la cantera (Rios-Garaizar et al., 2013). Estos trabajos proporcionaron información bastante interesante, ya que se pudo diferenciar una secuencia de dos niveles de arenas cubiertos por un nivel de tierra vegetal, donde se recogieron materiales en contexto estratigráfico (Rios-Garaizar et al., 2013). En el más superficial de los niveles arenosos identificados se encontraron restos muy similares a los materiales que posteriormente se recuperaron en Aranbaltza. Entre ellos, destacan láminas cresta o láminas sobrepasadas procedentes de núcleos bipolares, los cuales coinciden a la perfección con el sistema de producción lítica identificado en el utillaje de Aranbaltza recogido en la campaña de 2005.

En 2013 se llevó a cabo un sondeo que reveló la existencia de una estratigrafía bien conservada y que sirvió como punto de partida a las sucesivas campañas que se han ido desarrollando hasta la actualidad, las cuales han dado lugar al complejo arqueológico de Aranbaltza. El hallazgo de este yacimiento puso en el mapa la existencia de ocupaciones chatelperronienses al aire libre en la comarca de Uribe Kosta durante el Pleistoceno superior (Rios-Garaizar et al., 2012c). Los sucesivos trabajos de excavación permitieron la identificación de tres yacimientos dentro de Aranbaltza (Aranbaltza I, II y III) (Fig. 2.3.1), los cuales muestran secuencias arqueo-sedimentarias semejantes que abarcan desde finales del Pleistoceno medio hasta el Holoceno (Rios-Garaizar et al., 2018).

En cuanto a la metodología de excavación de Aranbaltza, todos los restos mayores de 1 cm son registrados con estación total según el sistema local de coordenadas del yacimiento. Por su parte, los restos más pequeños son recuperados en un diámetro variable de unos 25 cm y recogidos en bolsas de material. Estas bolsas son emplazadas en medio del diámetro de recogida de material y se les asigna un punto de estación, con el fin de registrar el área de recuperación de los materiales más pequeños. A partir de 2016 se ha comenzado a registrar la información de

orientación y pendiente de los materiales alargados mayores de 2 cm. En cuanto al tamizado del sedimento, en las campañas de 2013 y 2014 (extensión Sur) se realizó en seco, mientras que en 2016 (extensión Oeste) se realizó con agua. En todos los casos se realizó con un 1 mm de luz de malla. Debido a las características del depósito, la excavación de detalle se realiza con herramientas finas que permiten una gran precisión y una mínima intervención en la extracción de los materiales, por lo que la posición registrada es refleja la posición en la que se han encontrado las piezas. Por otra parte, la apertura y delimitación inicial del yacimiento se lleva a cabo con retroexcavadora, de forma que se puede descubrir el inicio de la secuencia sin necesidad de invertir tanto esfuerzo para eliminar el sustrato vegetal que la sella, al igual que se hace en Ambrona.

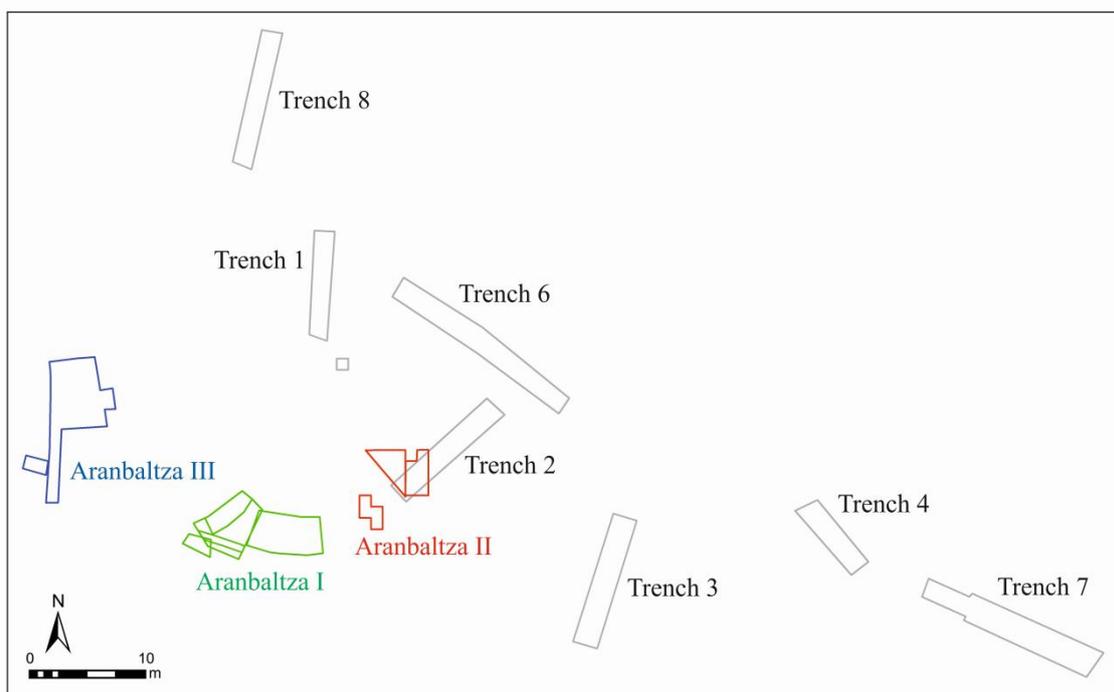


Figura 2.3.1: Planta con la disposición de todos los yacimientos del complejo de Aranbaltza.

*Figure 2.3.1: Map with the location of all the sites that compound the Aranbaltza complex.*

### 2.3.2. Contexto

El conjunto de yacimientos de Aranbaltza se encuentra localizado en la comarca de Uribe Kosta (País Vasco), en el tramo medio del río Urgozo (Fig. 2.3.2), el cual drena las aguas superficiales de las colinas circundantes (100-144 m altitud) hacia la ría de Plentzia. A menos de 1 km de distancia del yacimiento, y en dirección oeste, se encuentran los acantilados costeros sobre los que se dispone una rasa elevada (+50 m s.n.m) desde la que se pueden observar dunas fosilizadas, las cuales están localizadas a una cota superior a Aranbaltza (+10 m sobre el actual nivel del Urgozo) y forman una orla que discurre paralelamente al yacimiento (Rios-Garaizar et al., 2014). Estas dunas, así como los depósitos secundarios

asociados por erosión y deposición, fueron explotados por la cantera de Ollagorta y donde A. Aguirre encontró los materiales anteriormente citados (Rios-Garaizar et al., 2012c).

El complejo de Aranbaltza se asienta sobre una plataforma meandriforme de 1 ha de extensión, bordeada al sur por el cauce del río Urgozo (Rios-Garaizar et al., 2012b). El sustrato geológico se encuentra compuesto por una alternancia de margas, margo-calizas, calizas micríticas y calcarenitas del Cenomaniense-Santoniense, entre las que hay que destacar la presencia de brechas polimícticas y calcalrenitas con sílex del Flysch que discurren en perpendicular al acantilado desde la colina de Kurtzia.

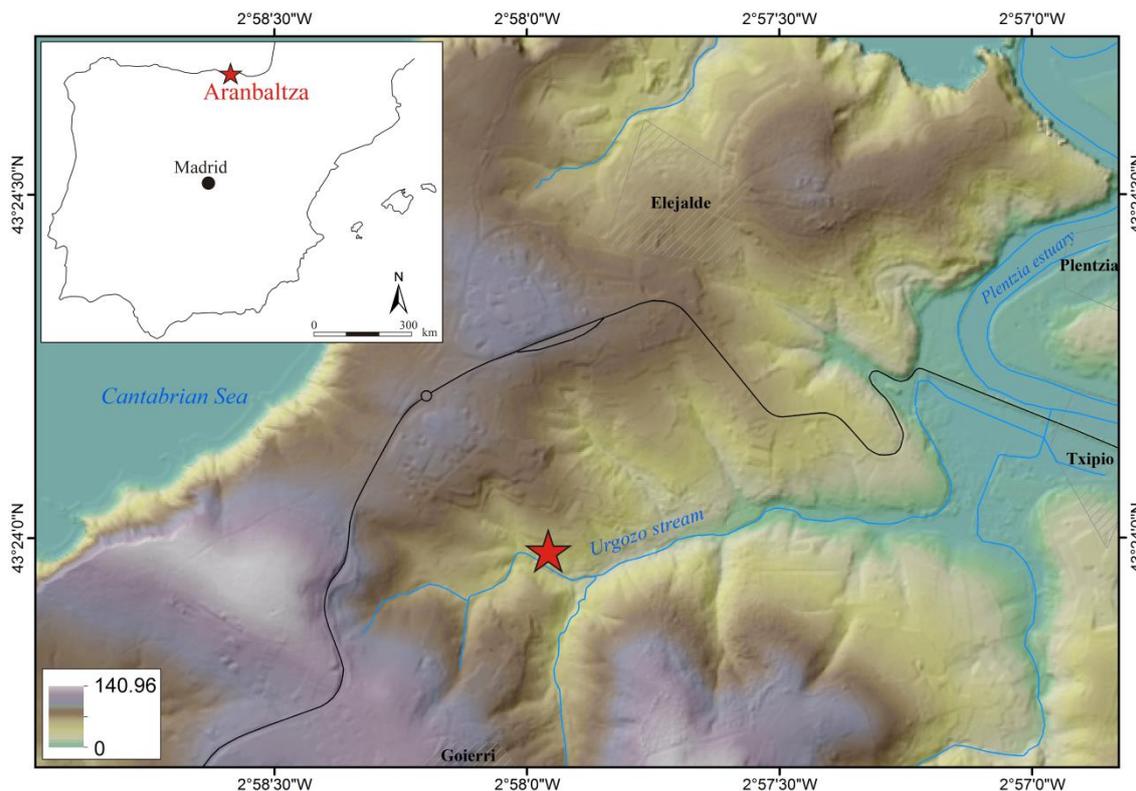


Figura 2.3.2: Mapa de localización del complejo arqueológico de Aranbaltza.

*Figure 2.3.2: Location map of the archaeological complex of Aranbaltza.*

Los cortes derivados de la excavación de la zanja para las obras de canalización permitieron identificar distintos estratos arenosos: uno de color más anaranjado, muy oxidado, encima del cual se encontraba otro más blanquecino; ambos se encontraban sellados por una cobertura vegetal. Los materiales fueron recuperados de los sedimentos removilizados por la excavadora, por lo que su adscripción estratigráfica no pudo ser verificada (Rios-Garaizar et al., 2013). Sin embargo, se pudo obtener cierta información a partir del sedimento arenoso, en ocasiones cementado, que cubría algunos de los restos y que mostraba un color anaranjado. Todos los restos recuperados eran similares, caracterizándose por la presencia de puntas del Chatelperrón (Rios-Garaizar et al., 2012b).

### 2.3.3. Secuencia litoestratigráfica

En 2013 se encontraron depósitos estratificados en el área de Aranbaltza que permitían identificar una secuencia en un sondeo de 2 m<sup>2</sup>. Para la identificación de la posición de los yacimientos arqueológicos, se realizaron varias trincheras que testeaban el terreno hasta dar con el nivel detectado con material arqueológico. El yacimiento de Aranbaltza II está compuesto por tres zonas excavadas (Fig. 2.3.1), las cuales suman un total de unos 18,14 m<sup>2</sup> excavados. En 2013, a partir de la Trincheras 2, se amplió una superficie de 7 m<sup>2</sup> que se excavó manualmente hasta alcanzar el depósito chatelperroniense (US4). Al año siguiente, se abrieron 30 m<sup>2</sup> con retroexcavadora con el fin de despejar una superficie de excavación relativamente amplia y delimitar con precisión la zanja de canalización realizada en 2005 (Rios-Garaizar et al., 2014). Una vez localizada dicha zanja, se continuó la excavación a partir del corte sur de la zona abierta en 2013 y se abrió un sondeo al otro lado de la zanja. El objetivo principal de este sondeo era comprobar el estado de preservación del depósito, así como verificar si la secuencia estratigráfica se podía identificar a ambos lados de la zanja. En este último sector se constató que el inicio de la secuencia se encontraba afectado por el laboreo de la cantera, la plantación de eucaliptos y la propia excavación de la zanja de canalización. Este primer tramo de aproximadamente 1 m de espesor con sedimento arenoso revuelto se apoya directamente sobre un nivel de arenas de color anaranjado (nivel US4a) (Rios-Garaizar et al., 2014). Aun a pesar de que el inicio de la secuencia se encuentra alterado, se pudo recoger una altísima concentración de materiales arqueológicos: desde restos líticos como puntas del Chatelperrón o núcleos, hasta fragmentos cerámicos. A partir del área principal excavado en 2013 y 2014-16, se ha establecido una secuencia estratigráfica (Fig. 2.3.3) para Aranbaltza II que solo llega hasta el nivel US6. Por debajo de este nivel, se han recuperado varios metros de estratigrafía mediante sondeos mecánicos pero que no han sido excavados. De esta forma, de muro a techo, la secuencia conocida es la siguiente:

- **Secuencia no documentada en excavación.**
- **Nivel US6:** Depósito de arcillas de color gris azulado, estéril, con un espesor que alcanza los 60 cm. Estéril.
- **Nivel US5:** Nivel de arenas de color gris oscuro, estéril. El contacto con UE4 es neto, observándose un fenómeno de micro-fallas que indica que estos dos paquetes (UE5 y UE4) se han visto afectados por la presión ejercida por el paso de los camiones de la cantera (Rios-Garaizar et al., 2015).
- **Nivel US4:** Depósito de arena blanquecina con oxidaciones que forman anillos de *liesegang*. Estéril.

- **Nivel US4c:** Nivel de arenas de color rojizo, con abundantes nódulos ferruginosos. Estéril.
- **Nivel US4b:** Nivel compuesto por arena de intenso color rojizo. A techo de este nivel se observan nódulos ferruginosos y manchones de arena ennegrecida, resultado de la descomposición de materia orgánica. Aparecen restos arqueológicos concentrados en la banda 24 que forman concentraciones muy significativas de material. El material que aparece ha sido adscrito al Chatelperroniense.
- **Nivel US4a:** Depósito de arenas grises y anaranjadas, donde los restos líticos se encuentran en posición derivada.
- **Nivel US3:** Nivel limo-arenoso y de color gris. Contiene abundante material arqueológico mesolítico.
- **Nivel US3b:** Fosa Neolítico (nivel local). Parece tratarse de una cubeta de erosión, caracterizada por estar compuesta por un sedimento arenarcilloso de color azulado y con un espesor de unos 20-30 cm. Hacia el extremo sur, el sedimento aparece mezclado con una arena anaranjada y abundante material lítico. Al otro lado de la zanja apareció un tronco quemado, el cual se encontraba en un depósito con una coloración oscura con laminaciones blanquecinas que parecen sugerir un depósito de tipo fluvial. Recuperación de un resto de madera que ha proporcionado dataciones del periodo Neolítico.
- **Nivel US3Sup:** Suelo de ocupación Calcolítico. Nivel que se distingue por una fuerte oxidación del sedimento, el cual conforma una estructura en forma de cubeta hacia el este de la excavación. Los límites de este suelo no se encuentran bien delimitados al oeste y sur.
- **Nivel US2:** Nivel local identificado en el sondeo realizado en 2013. Depósito arcilloso de color marrón claro. La superficie se encuentra alterada por la acción de las raíces, presentando también hidróxidos (Horizonte A). Se ha obtenido un número reducido de materiales arqueológicos, de aspecto postpaleolítico. Es posible que se corresponda con el nivel US3Sup.
- **Nivel US1:** Suelo agrícola actual.

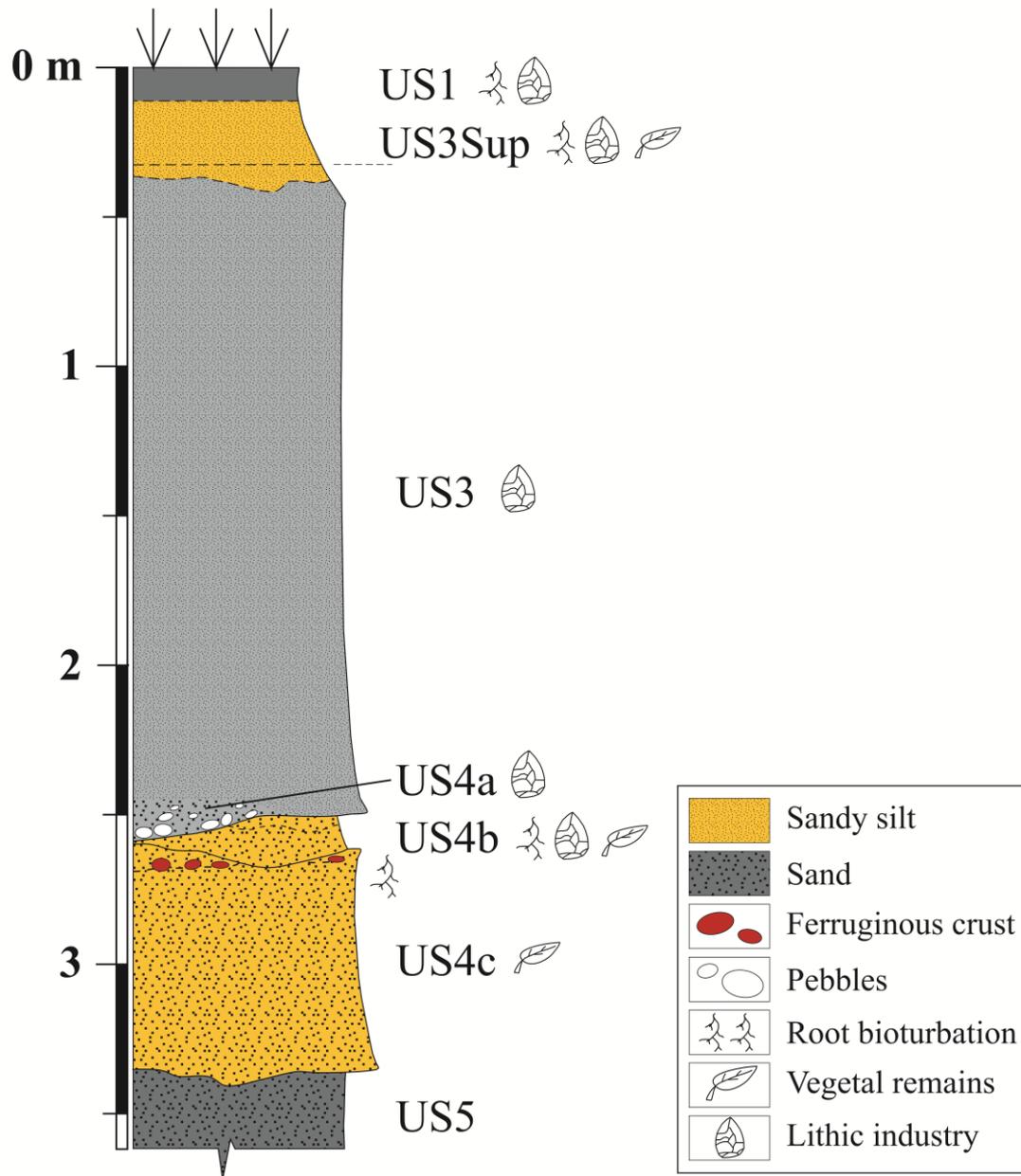


Figura 2.3.3: Columna litoestratigráfica de Aranbaltza II (elaborada por E. Iriarte).

Figure 2.3.3: Lithostratigraphic sequence of Aranbaltza II (developed by E. Iriarte).

Una de las particularidades del nivel en el que este trabajo se centra (US4b) es la presencia de pequeñas concentraciones de material (Fig. 2.3.4). Estas *estructuras* se caracterizan por la enorme cantidad de material que contienen, de todos los tamaños y en todas las posiciones, tal y como veremos más adelante cuando se profundice en su análisis.

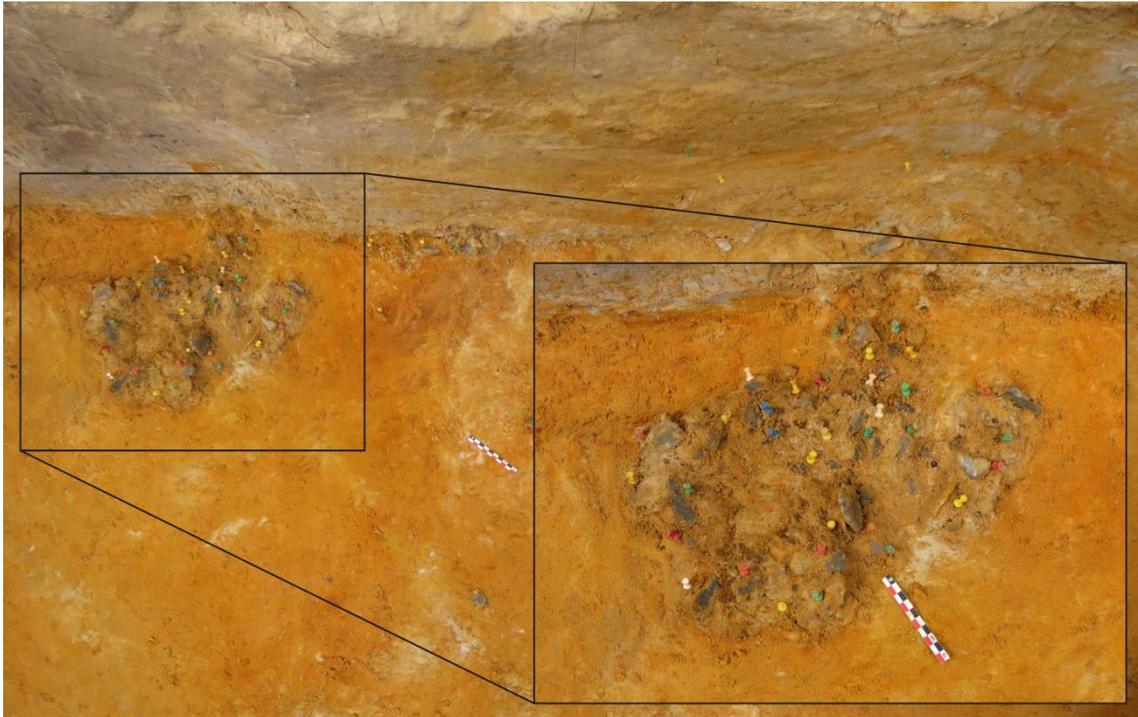


Figura 2.3.4: Concentraciones de material identificadas en el nivel US4b de Aranbaltza II.

*Figure 2.3.4: Material concentration identified in the level US4b of Aranbaltza II.*

### 2.3.3.1. Cronología

Las dataciones para Aranbaltza II aún no están publicadas, aunque se han tomado numerosas muestras que ya se encuentran analizadas y en proceso de publicación. Durante la campaña de 2013 se tomaron muestras de 3 carbones procedentes de los niveles US3Sup y US3b para llevar a cabo dataciones por AMS. Los resultados obtenidos mostraron una datación entre 8090 y 7990 años BP sin calibrar, mientras que los datos calibrados mostraron una variación entre 9133 y 8663 años BP. Los resultados obtenidos situarían estos niveles en el intervalo Boreal de inicios del Holoceno, algo muy destacable ya que no hay datos de ese periodo en la zona del Cantábrico Oriental. Al año siguiente, se seleccionaron 2 muestras de carbón del entorno de la estructura de combustión identificada en el nivel US3Sup para su datación por  $^{14}\text{C}$  AMS (Beta Analytic). Los resultados obtenidos dieron unas fechas entre los 4200 y los 3600 BP, lo que sitúa este nivel en el desarrollo del Calcolítico-Bronce Inicial en la Región Cantábrica (Rios-Garaizar et al., 2014). A inicios de 2016 se enviaron otras muestras de carbones tomadas durante las campañas de 2014 y 2015 para su datación por radiocarbono. En este caso, la muestra era un fragmento del tronco recuperado en Aranbaltza II (nivel US3b) y proporcionó unas fechas de  $4920 \pm 40$  BP, lo que supone un momento avanzado del Neolítico (Rios-Garaizar et al., 2016).

Respecto al nivel Chatelperroniense, se han intentado datar muestras de carbón aisladas procedentes de las campañas de excavación de 2013 y 2016. Sin embargo, parte de las muestras no han proporcionado resultados por falta de materia orgánica, mientras que otras han dado resultados semejantes a los obtenidos en los niveles superiores, indicando que probablemente haya habido intrusiones de carbón por bioturbación. Además de las dataciones por C14, se han llevado a cabo dataciones por Luminiscencia (OSL). En el año 2016 se tomaron nuevas muestras, ya que las tomadas en 2013 destinadas para la datación por OSL no proporcionaron una resolución cronológica suficiente. De esta forma, las nuevas muestras se tomaron en el nivel US4b en la Sección Oeste con tubos de menor diámetro, para tener un mayor control de la muestra y evitar en la medida de lo posible la inclusión de granos de cuarzo del nivel superior (US4a) e inferior (US4c) (Rios-Garaizar et al., 2016). Estas muestras aún se encuentran en proceso de análisis.

#### **2.3.4. Industria lítica**

El yacimiento de Aranbaltza II se caracteriza por la ausencia de restos óseos y por el uso casi exclusivo del sílex en la elaboración de las herramientas líticas, aunque se han documentado algunos restos en arenisca, traquita, cuarcita y lutita (cantos y bloques principalmente, aunque ocasionalmente aparecen restos tallados).

En cuanto al conjunto lítico del nivel US4b de Aranbaltza II, destaca la gran cantidad de restos que hay en un espacio tan reducido; sobre todo en ciertas partes del área excavada, como se mostrará más adelante. El conjunto destaca por la presencia de núcleos laminares (Fig. 2.3.5) de grandes dimensiones, algunos de ellos con claras evidencias de explotación bidireccional *decalé* típica del Chatelperroniense (Rios-Garaizar et al., 2016).

Además de estos núcleos, se han recuperado núcleos de laminillas que, aunque en un principio no son muy característicos del Chatelperroniense, han sido identificados en yacimientos como Les Cottés en Francia. También se han recuperado multitud de fragmentos de láminas, láminas enteras y productos de reacondicionamiento laminar. En cuanto a los restos configurados, es muy reducido el número de útiles retocados, pero aparecen restos muy destacables como puntas del Chatelperrón (Fig. 2.3.5), lascas y láminas de dorso marginal, algunos raspadores y fragmentos de láminas retocadas (Rios-Garaizar et al., 2016).

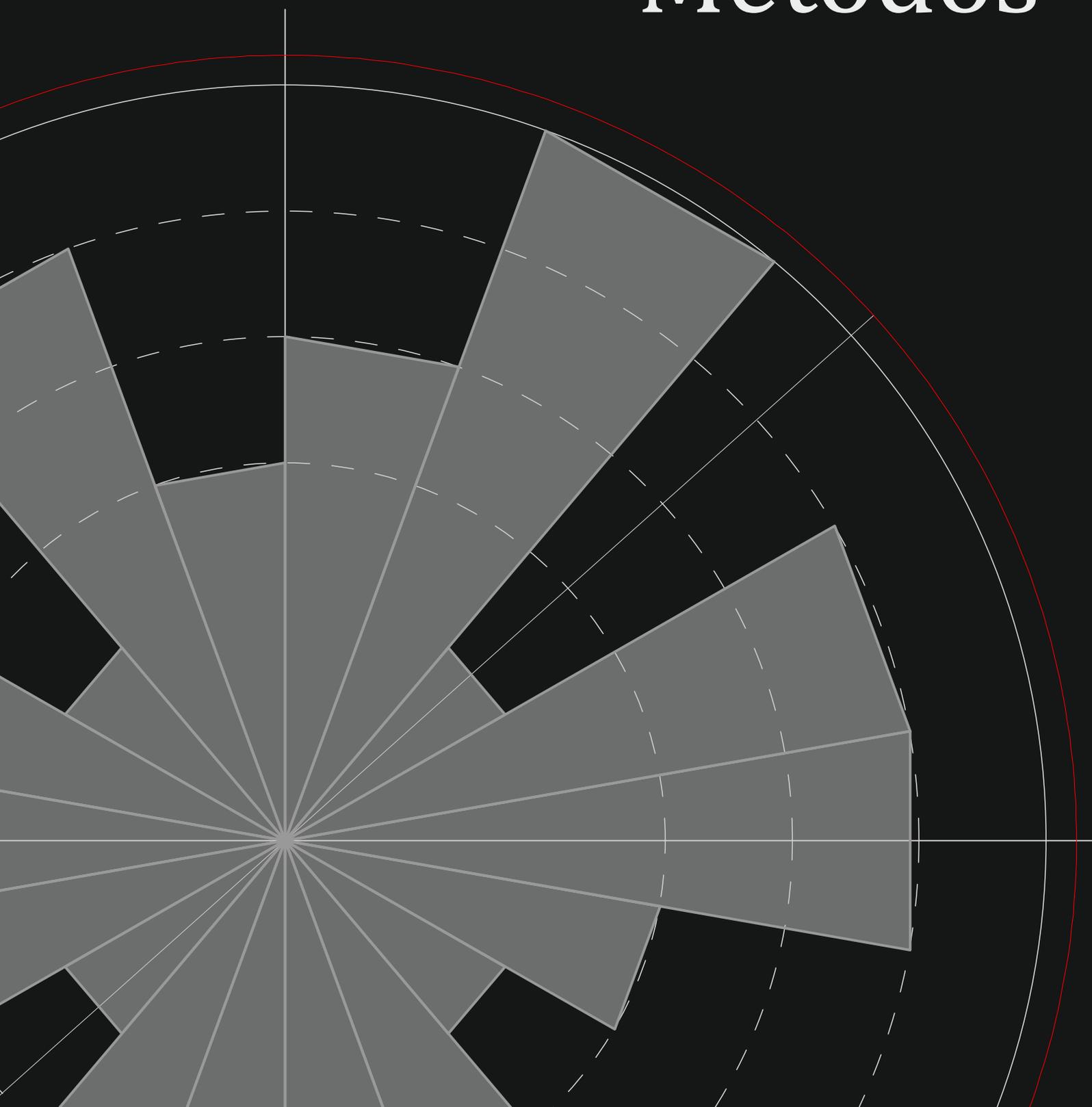


Figura 2.3.5: Piezas chatelperronienses recuperadas del nivel US4b de Aranbaltza II (foto de J. Rios-Garaizar).

*Figure 2.3.5: Chatelperronian lithic pieces recovered from the level US4b, Aranbaltza II (photo by J. Rios-Garaizar).*

# 3

## Materiales Métodos





En este capítulo se van a presentar las distintas técnicas y metodologías utilizadas para investigar los patrones espaciales de los tres yacimientos analizados (Ambrona, Amalda y Aranbaltza). Este capítulo se encuentra organizado en diferentes apartados, intentando mantener el orden de los métodos y herramientas aplicados a cada uno de los yacimientos. La primera parte se centra en la presentación de los datos manejados en cada uno de los casos, así como los problemas y limitaciones que se han ido encontrando a la hora de manejar los conjuntos de datos. En este apartado se explican las herramientas empleadas para el filtrado y la generación de una base de datos propia a partir de la georreferenciación de planos de excavaciones antiguas. En la segunda parte se exponen los métodos geoestadísticos aplicados para la generación de las paleotopografías de los niveles de estudio y los análisis a partir de estadística inferencial. La geoestadística ha permitido reconstruir las superficies estratigráficas de Ambrona y Amalda, proporcionando una estimación 3D de la geometría de las superficies estratigráficas donde se depositaron los materiales. De esta forma, se ha podido estudiar la acumulación de los materiales en función de la paleotopografía de cada uno de los niveles y su paleorrelieve. Por su parte, la estadística inferencial ha permitido investigar los patrones de distribución de los materiales, así como definir las zonas de máxima acumulación o las relaciones espaciales de los materiales entre sí según distintas variables. En la tercera parte se explican los métodos de clasificación por agrupamiento empleados, con el fin de profundizar en los procesos que han participado en la formación del yacimiento y en la agrupación de materiales en determinadas zonas del yacimiento. En el cuarto apartado se explican los análisis de densidad llevados cabo, los cuales nos han permitido contrastar los agrupamientos identificados y cuantificar dichas agrupaciones. Y por último, el sexto apartado está dedicado a los análisis de fábricas, donde se explican los métodos empleados para el cálculo de la orientación y la pendiente de los materiales que nos permitan inferir los procesos de formación de los yacimientos.

La aplicación de cada uno de estos métodos y herramientas está condicionada por las características propias de cada uno de los yacimientos y por el tipo de datos manejados. La estadística inferencial (Chi-cuadrado, Kolmogorov-Smirnov, ANN, Getis-Ord  $G_i^*$ , Anselin Local Moran's I, etc) ha podido ser aplicada en todos los yacimientos, mientras que otros análisis como los patrones de orientación o los análisis de fábricas 3D solo han podido ser aplicados en aquellos casos en los que se disponía de información de dibujos (como en el caso de los patrones de orientación de Ambrona) o ejes con coordenadas X, Y, Z (como en el caso del cálculo de eigenvectores de Aranbaltza).

### **3.1. Puntos de partida**

#### **3.1.1. Ambrona**

El punto de partida de este trabajo fue el repaso a toda la bibliografía disponible sobre Ambrona, desde las primeras publicaciones en los años 60 hasta las más recientes. Los primeros trabajos consultados fueron los recopilados en la monografía sobre Ambrona publicada en 2005, donde se hace un repaso a la historia del yacimiento y todos los trabajos llevados a cabo.

De la época de F. C. Howell, el primer trabajo consultado fue el *Noticiero Arqueológico Hispánico* (1965). En este trabajo aparecen los únicos cortes estratigráficos publicados, lo que permitió tener un primer acercamiento a las descripciones (tanto escritas como gráficas) que se hicieron durante ese periodo de la estratigrafía de Ambrona (Howell, 1963). La planta de dispersión de los materiales excavados contenida en esta publicación, donde se indicaba la *posición de los materiales* (nivel superior, medio o inferior) (Howell, 1965), fue el primero de los muchos planos georreferenciados para el yacimiento de Ambrona. En 1965 fue publicado el libro *Early Man*, donde F. C. Howell hacía una descripción del yacimiento de Ambrona y explicaba la funcionalidad del sitio como cazadero de elefantes (Howell, 1965), incluyendo además una planta parcial de la dispersión de restos. Además de estas dos referencias, las siguientes referencias más consultadas fueron la publicada por E. Aguirre en 1989 y la publicada en 1995 por F. C. Howell et al. La importancia de la publicación de *Diez años de arqueología soriana* (Aguirre, 1989) radica en que se encontraba un plano de una zona concreta de la excavación de Ambrona y un breve repaso al recorrido de los materiales y memorias por diferentes instituciones. El plano contenido en la publicación de E. Aguirre (1989) se encontraba mal orientado respecto a la cuadrícula planteada para Ambrona, tal y como se pudo comprobar al tratar los planos recuperados, entre los que se encontraba. Este plano fue corregido durante la georreferenciación. Por otra parte, en la publicación *Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseum* (Howell et al., 1995) se hace un compendio muy completo de las excavaciones de Ambrona, así como una descripción de la estratigrafía del yacimiento. Esta descripción era un tanto confusa, ya que correlacionaba los depósitos de Ambrona con los de Torralba, dejando de esta forma algunas cuestiones abiertas y de difícil identificación. Además de estas publicaciones mencionadas, también fueron consultadas las de K. W. Butzer (1965, 1971) para conocer la descripción del entorno del yacimiento y los niveles identificados.

Los primeros conjuntos de datos que se utilizaron para el análisis espacial fueron las generadas durante los trabajos de excavación desarrollados durante los años 90 y 2000 (Fase III). Estos datos incluían secciones estratigráficas, listados de todas las piezas coordinadas y archivos con toda la industria lítica analizada. Toda

esta información se encontraba en papel, lo que exigió un gran esfuerzo de digitalización. Las bases de datos de las piezas coordinadas se encontraban al final de las memorias de cada campaña de excavación, por lo que tuvieron que ser escaneadas y filtradas para convertirlas en un archivo Excel que permitiera un manejo digital. Algunos de estos datos fueron procesados y publicados previamente, como ocurre con la concentración Alpha excavada en 1995 (Villa et al., 2005; Santonja and Pérez-González, 2005b). Las secciones estratigráficas también tuvieron que ser escaneadas y tratadas digitalmente, tal y como se verá con mayor detalle más adelante en el capítulo de Resultados. En cuanto a los datos propios de la industria lítica (dimensiones, materia prima, tipo de talla, tipo de herramienta, etc.), toda la información se encontraba en archivadores con anotaciones a mano. Estos datos ya habían sido publicados previamente (Panera, 1996; Rubio-Jara, 1996; Panera and Rubio-Jara, 1997; Santonja et al., 2005c; Santonja et al., 2017), pero tuvieron que ser incorporados punto por punto para completar la base de datos y la información dirigida al análisis de los patrones de distribución de los materiales.

Por otra parte, la gran mayoría de la información manejada es la recuperada en la F. Clark Howell Library (Human Evolution Research Center, HERC), en la Universidad de California en Berkeley. A finales de 2014 hubo un primer contacto con el director del HERC, el Dr. Tim White, con el objetivo de conocer si los documentos generados durante los trabajos de excavación liderados por F. C. Howell se encontraban allí. Una vez localizados y tras la autorización del director, se pudo realizar una estancia breve de dos semanas en la Universidad de Berkeley en California para documentar y recuperar toda la información acerca de las excavaciones desarrolladas por F. C. Howell y L. Freeman en Ambrona durante los años 60 a los 80. Se pudo comprobar la existencia de numerosos armarios con planos enrollados, bases de datos de los materiales excavados y registrados, dibujos de campo y de materiales líticos, muestras de sedimento, secciones estratigráficas, diapositivas y fotografías en papel, réplicas, diarios de excavación, etc. (Fig. 3.1.1).

Debido a que no se contaba con un escáner de planos, se realizaron fotos de toda la documentación para poder trabajar con ella posteriormente. De regreso, se limpiaron los planos y secciones fotografiadas y se procedió al trabajo con ellas, georreferenciando cada uno de los planos y secciones con el objetivo de recomponer toda la planta de dispersión de los materiales excavados en Ambrona y su adscripción estratigráfica. En el apartado de Resultados de Ambrona se explica en detalle cómo fue todo este largo proceso.



Figura 3.1.1: Imagen donde se muestran algunos ejemplos de la documentación y materiales albergados en el HERC. Todos los planos y secciones estratigráficas recuperadas han sido incluidos en este trabajo.

*Figure 3.1.1: Some examples of the documentation and materials located in the HERC. All the maps and stratigraphic sections were recovered and included in this work.*

### 3.1.2. Amalda

En el caso de Amalda, han sido dos las referencias que han servido como punto de partida. Por una parte, la tesis doctoral de J. Rios-Garaizar (2012), donde se hizo una primera aproximación de la distribución espacial de restos y donde se vio por primera vez que la cuestión espacial tenía interés para la interpretación de la ocupación musteriense del yacimiento. Y la segunda, la monografía publicada por J. Altuna et al. (1990), donde se recogen todos los trabajos desarrollados durante las seis campañas de excavación que se llevaron a cabo desde 1979. A partir de estos trabajos, ha habido otros muy importantes que también han sido de gran relevancia para este trabajo, como las publicaciones de J. Yravedra sobre la tafonomía de los restos de fauna recuperados en Amalda durante las campañas dirigidas por J. Altuna (2006, 2007).

Al igual que en el caso del yacimiento de Ambrona, también se ha contado con material y documentación inédita, alguna elaborada expresamente para este trabajo. En primer lugar, las bases de datos no publicadas por J. Altuna donde aparece toda la relación de fauna identificada. En esta base de datos aparece toda la información de cada uno de los restos de fauna coordinados en campo e identificados, como la parte anatómica y la especie, así como observaciones destacadas. En segundo lugar, la base de datos de la industria lítica analizada por J. Rios-Garaizar para su tesis doctoral (2012). Esta información ha permitido llevar a cabo un análisis mucho más profundo de las variables relacionadas con la distribución espacial de los restos líticos, no solo en los aspectos de materia prima, soporte o tipo de útil, sino también en cuanto al tipo de huella de uso identificada. Por último, se ha contado con el análisis tafonómico realizado por A. B. Marín-Arroyo y L. Pérez Aguado (IIIPC) de los restos excavados por el equipo de J. Altuna clasificados como “no-identificables”, lo que ha permitido completar toda la información acerca de los restos de fauna recuperados en Amalda y unificar los registros para un análisis espacial más completo que tuviera en cuenta todos los materiales excavados.

### **3.1.3. Aranbaltza II**

Todos los datos empleados en el análisis de Aranbaltza II son inéditos, ya que proceden de los trabajos desarrollados en las campañas desarrolladas entre los años 2013 y 2016 y que aún se encuentran en proceso de estudio. Toda la información de este yacimiento con la que se ha trabajado procede de la base de datos compuesta y elaborada por J. Rios-Garaizar, A. San Emeterio e I. Ortega, quienes completaron la base de datos inicial con información necesaria para el estudio espacial que se iba a llevar a cabo. De esta forma, los datos de este yacimiento son los más recientes de los tres yacimientos analizados, además de ser información que, al contrario de la obtenida en Ambrona y Amalda, procede íntegramente de un único equipo de investigación.

## **3.2. Preparación de los datos**

Las bases de datos utilizadas en este estudio proceden de excavaciones desarrolladas desde los años 60 hasta excavaciones actuales, por lo que se cuenta con un amplio abanico en el que se puede apreciar la evolución en cuanto a la metodología empleada en la toma de datos según los diferentes equipos y los distintos yacimientos estudiados en la presente tesis doctoral. El formato de la información relacionada con los yacimientos estudiados en la presente tesis doctoral es variado, desde información únicamente disponible en papel (como en Ambrona) hasta datos tomados con estación total según criterios actuales (como en Aranbaltza). En relación a la información disponible en papel, el trabajo de georreferenciación ha sido largo y complejo. La información georreferenciada ha sido variada, desde plantas de excavación (como en Amalda) hasta secciones estratigráficas y plantas de dispersión de materiales (Ambrona).

### **3.2.1. Georreferenciación de cartografía y estratigrafía analógica**

La georreferenciación es un procedimiento fundamental cuando se trabaja con Sistemas de Información Geográfica y bastante simple en su ejecución. Esta técnica permite la asignación espacial de una entidad a partir del uso de un sistema de coordenadas, ya sea global (como coordenadas UTM) o local. De esta forma, se pueden localizar de manera precisa las entidades deseadas que no tengan referencia espacial, ya sean archivos de tipo ráster (como dibujos o fotografías) o de tipo vectorial (puntos, líneas o polígonos). En este trabajo, se ha tratado con fotografías de planos de distribución de materiales excavados o planos de cueva y secciones estratigráficas. Toda esta información se encontraba en papel, ya fuera porque se trataba de documentación de excavaciones de los años 60 o porque no se pudo acceder a la información de la estación total, como ocurre con las secciones estratigráficas de la Fase III de Ambrona. La georreferenciación se ha realizado a partir de archivos ráster (en formato *tif*), asignando puntos de control con información X, Y, Z a partir del sistema de coordenadas local (Benito-Calvo and De la Torre, 2011).

El procedimiento de georreferenciación es bastante sencillo. Teniendo un archivo ráster se proyecta en ArcGIS y se marcan un mínimo de 4 puntos con información X, Y, Z, ya que cuantos más puntos se usen en el proceso más preciso será el resultado, permitiendo al mismo tiempo descartar los puntos con mayor error para minimizar al máximo el error final en la georreferenciación. Una vez georreferenciado el ráster, se vectorizan las entidades deseadas (ya sean líneas que delimitan contornos de cueva, polígonos que representan huesos o elementos líticos, o puntos que delimitan los contactos estratigráficos) para dotarlas de una asignación espacial y poder trabajar con ellas.

### 3.2.1.1. Aplicación a yacimientos paleolíticos

Esta técnica ha sido aplicada a dos de los yacimientos estudiados en este trabajo, aunque con propósitos diferentes. En el caso de Ambrona, se escanearon más de 400 m lineales de secciones estratigráficas, lo que ha supuesto la georreferenciación de un total de más de 125 secciones. Con los puntos vectoriales obtenidos a partir de la georreferenciación de los rásters, se ha podido llevar a cabo la interpolación de dichos puntos para la reconstrucción paleogeográfica de las diferentes unidades de Ambrona. Asimismo, se ha llevado a cabo la georreferenciación de los 35 planos de distribución de materiales y secciones estratigráficas detalladas recuperadas en el HERC. Como ya se ha comentado, este material fue inventariado y fotografiado, debido a que no se disponía de acceso a un escáner y a que algunos de los planos eran increíblemente grandes. La integración de todo este material ha permitido generar una base de datos propia, la cual ha permitido la asignación espacial común a aquellos materiales de los que solo se disponía de la referencia a la cuadrícula que se planteó durante los trabajos de H&F. Como se podrá ver en el apartado de Resultados, esta cuadrícula no era constante y cambiaba según los periodos de excavación, de ahí que haya algunos descuadres en algunas partes de la excavación.

El otro yacimiento al que se ha aplicado este procedimiento es Amalda, en concreto al plano de la cueva publicado en la monografía editada por J. Altuna y publicada en 1990. Este plano fue georreferenciado en base a las referencias indicadas por J. Altuna (Altuna, 1990) y a la ubicación del punto 0,0 marcado en el plano. A partir de dicho punto, y teniendo la cuadrícula, se georreferenció el plano en cuatro puntos, los cuales permitieron encuadrar detalladamente el área de excavación y la delimitación de la cavidad. La georreferenciación del plano de Amalda era un paso fundamental previo al inicio del estudio de distribución espacial de los materiales, ya que al tratarse de una cueva es necesario conocer la posición de las paredes y la delimitación del espacio, ya que la distribución de los materiales podría verse condicionada al espacio de la cavidad.

### 3.2.2. Métodos de interpolación

Los métodos de interpolación se aplicaron para la reconstrucción de paleosuperficies estratigráficas en los yacimientos de Ambrona y Amalda. El procedimiento de interpolación se diseñó con el fin de aprovechar los diferentes tipos de datos de entrada (en este caso, elevación) y las características conocidas de las superficies estratigráficas, generando una superficie continua y estimada, similar a la que realmente pudo haber en su momento. Cuando tratamos con datos de yacimientos, estas técnicas cobran más importancia porque nos permiten emular el entorno y las paleosuperficies sobre las que se depositaron los materiales que encontramos. Gracias a ello, podemos conocer con mayor detalle si las zonas donde encontramos vacíos, acumulaciones, dispersiones, elementos

ordenados, etc. pueden responder a características del terreno o a acciones naturales que han ayudado a modelar la superficie, o si nos encontramos ante otros fenómenos no explicables desde el punto de vista de *acción natural*. Cuando se habla de procesos o acciones naturales se hace referencia a procesos geológicos, geomorfológicos, sedimentológicos, etc., así como a la intervención o alteración por parte de la fauna. Cuando se hace referencia a procesos antrópicos, se hace referencia a aquellas acciones causadas por humanos.

El agua es la principal fuerza erosiva que determina el relieve y la forma general de la mayoría de los paisajes, por lo que es importante identificarla y controlarla a la hora de abordar cualquier estudio espacial, ya sea en cueva o en yacimientos al aire libre. Entre los métodos de interpolación, hay técnicas que permiten tener en cuenta los drenajes exorreicos e imponen restricciones al proceso, permitiendo una correcta representación de las redes de drenaje y una mayor precisión en las superficies interpoladas. De esta forma, se tiene una representación bastante precisa de las paleotopografías y la evolución de las redes de drenaje. En general, los distintos métodos de interpolación se pueden agrupar en métodos determinísticos (inversa de la distancia, métodos *spline*, funciones polinómicas, etc) y métodos no determinísticos o geoestadísticos, como es el kriging y todas sus variantes. En este trabajo se explicará en detalle tan sólo el método usado en el presente estudio para la interpolación de las superficies de Ambrona y la del nivel VII de Amalda.

### 3.2.2.1. Métodos de predicción geoestadísticos

La geoestadística se centra en la predicción de distribución de probabilidad en base a conjuntos de datos geográficos, espaciales o espacio-temporales. Los algoritmos geoestadísticos se encuentran integrados en los Sistemas de Información Geográfica, de forma que su aplicación y uso es relativamente sencilla para aquellos que trabajan con este tipo de datos y herramientas. El estudio de correlaciones espaciales a partir de métodos geoestadísticos surgió en los años 60 para predecir los valores de las variables de sitios no muestreados (Giraldo Henao, 2002), pero no fue hasta los 90 que alcanzó su fama, probablemente debido a la aparición de los softwares especializados en información geográfica (SIG). El primero que empezó a tratar cuestiones de geoestadística fue Sichel (1947), quien observó que existía una asimetría en la distribución del oro en minas sudafricanas. En este trabajo desarrolló fórmulas básicas para distribuciones de probabilidad log-normal (distribución continua de probabilidad de una variable aleatoria cuyo logaritmo está normalmente distribuido), lo que le permitió una primera estimación de las reservas de oro, pero bajo el supuesto de que las mediciones eran independientes y sin tener en cuenta el hecho de que hay zonas más ricas que otras en contenido de oro. Una solución a esto la planteó Krige (1951), quien propuso una variante del método de medias móviles. Este método puede

considerarse el antecedente primario del kriging, ya que hace una estimación lineal en el espacio (Giraldo Henao, 2002). Además del kriging (descrito en un apartado propio), hay otros métodos de interpolación que también permiten la generación de superficies a partir de conjuntos de datos. A continuación se exponen brevemente algunos de ellos:

- IDW: La interpolación se realiza partir de una combinación ponderada linealmente de conjuntos de puntos, utilizando una técnica de distancia inversa ponderada (Philip and Watson, 1982; Watson and Philip, 1985). Este método presupone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación muestral.
- Spline: Los valores son estimados a través de una función matemática que minimiza la curvatura general de la superficie (Franke, 1982; Mitas and Mitasova, 1988). La función matemática es ajustada a una cantidad especificada de puntos de entrada más cercanos. Este método es adecuado para superficies que varían levemente.
- Vecino natural: Interpola una superficie a partir de puntos usando una técnica de vecinos naturales (Sibson, 1981). Es local y asegura que las alturas interpoladas se encontrarán dentro del rango de las muestras utilizadas, sin producir picos, depresiones o cualquier otro elemento de relieve que no esté ya representado por los datos de entrada.
- De topo a ráster: Esta herramienta fue creada para la generación de modelos digitales de elevación enfocados en la hidrología. Los valores de elevación son interpolados, pero se imponen restricciones que tengan en cuenta un sistema de drenaje conectado y una correcta representación del relieve (arroyos, acantilados, cretas) a partir de datos de curvas de nivel.

En el trabajo que aquí se presenta, se han estimado las paleosuperficies de Ambrona y Amalda a partir de los conjuntos de puntos dispersados con valor Z. Se ha seleccionado el método kriging entre todos los demás porque es el que más se aproxima al tipo de datos que manejamos y al resultado que se busca. El objetivo de la aplicación de métodos geoestadísticos es estimar la paleosuperficie de los yacimientos, con el fin de ajustar lo máximo posible la superficie sobre la que los materiales se encuentran depositados.

### 3.2.2.2. Kriging

Kriging (Royle et al., 1981; Burrough, 1986; Oliver, 1990) es un proceso geoestadístico que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos con valores X, Y, Z. Este método de interpolación está basado en modelos estadísticos que incluyen la *autocorrelación*, o la relación estadística entre los

puntos medidos. Esto permite generar una superficie de predicción con bastante precisión en las predicciones. Kriging presupone que la distancia o la dirección entre los puntos de muestra reflejan una correlación espacial que puede emplearse para explicar el relieve y variaciones de la superficie. Se aplica una función matemática a una cantidad especificada de puntos dentro de un radio específico para determinar el valor de salida para cada ubicación (ESRI, 2017).

(1)

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

(1) Donde  $\hat{Z}(s_0)$  es el valor medido en la ubicación  $i$ ,  $\lambda_i$  es una ponderación desconocida para el valor medido en la ubicación  $i$ ,  $s_0$  es la ubicación de la predicción y  $N$  la cantidad de valores medidos.

*(1) Where  $\hat{Z}(s_0)$  is the measured value at the  $i$  location,  $\lambda_i$  is an unknown weight for the measured value at the  $i$  location,  $s_0$  is the prediction location and  $N$  is the number of measured values.*

En el método del kriging, las ponderaciones están basadas en la distancia entre los puntos medidos, la ubicación de la predicción y en la disposición espacial general de los puntos medidos. Para poder hacer una disposición espacial de las ponderaciones, la correlación espacial debe estar cuantificada. De esta forma, la ponderación  $\lambda_i$  depende de un modelo ajustado a los puntos medidos, la distancia a la ubicación de la predicción y las relaciones espaciales entre los valores medidos alrededor de la ubicación de la predicción. Este método puede ser exacto o suavizar la interpolación, dependiendo del modelo de error de medición, así como profundizar en las gráficas de autocorrelación espacial y correlación cruzada. Entre los distintos tipos de kriging, se pueden destacar dos:

- Ordinario: el más general y utilizado. Presupone que el valor medio constante es desconocido, a no ser que se tenga un razonamiento científico que lo rechace.
- Universal: presupone que hay una tendencia de invalidación en los datos. Puede modelarse a través de la función determinística polinómica, la cual resta los puntos medidos originalmente, y la autocorrelación se modela a partir de los errores aleatorios. Este tipo de kriging se usa cuando se conoce la tendencia de los datos.

En este trabajo hemos empleado el kriging ordinario de la herramienta proporcionada por ArcGIS para llevar a cabo la estimación de las superficies de Ambrona (en todas sus unidades, desde Keuper hasta AS6) y del nivel VII de Amalda, usando las bases de datos de las excavaciones de los 90 y los 80 respectivamente.

### 3.2.3. Generación aleatoria de coordenadas

El uso de coordenadas aleatorias es un recurso bastante útil cuando se trata de datos incompletos o procedentes de excavaciones antiguas (Rios-Garaizar, 2012; Blasco et al., 2016). Cuando se trabaja con este tipo de información, es importante tener muy claros los límites de la extensión en la que se enmarca la generación aleatoria de coordenadas, así como las características del yacimiento y el área a estudiar.

Para este trabajo se han empleado datos procedentes de dos métodos diferentes para la generación de coordenadas aleatorias. Por una parte, la base de datos del yacimiento de Amalda, donde J. Rios-Garaizar realizó una aproximación al análisis espacial de los materiales del nivel VII de este yacimiento en su tesis doctoral. En este yacimiento se pudo comprobar que la mayor parte de los restos del nivel carecían de coordenadas exactas tomadas en campo, y solo se contaba con la información relativa al cuadro en el que se encontraron y la coordenada Z (Rios-Garaizar, 2012). Debido a ello, se asignaron coordenadas aleatorias dentro del cuadro al que pertenecían dichos restos a través de la herramienta de generación de números aleatorios de Excel. El rango de error para cada uno de los restos con coordenadas aleatorias es de 1 m<sup>2</sup>, el límite de los cuadros donde los restos fueron encontrados. La información de los materiales con coordenadas aleatorias asignadas ha sido combinada con los materiales con coordenadas reales tomadas en campo con teodolito. Por otra parte, se pudo comprobar la validez de este método al aplicar la herramienta k-means de identificación y clasificación de conjuntos. Se llevaron a cabo varias simulaciones para comprobar la variación de los conjuntos identificados por k-means en función de la disposición de los puntos con coordenadas aleatorias (Rios-Garaizar, 2012), siempre dentro de los límites del cuadro de 1 m<sup>2</sup>, y se pudo comprobar que en todos los casos las agrupaciones eran las mismas. Las zonas de mayor y menor concentración de materiales permanecían sin apenas variación y los conjuntos identificados por k-means eran los mismos. De esta forma, se observó que la posición de las concentraciones era la misma para todos los casos, manteniendo la composición de cada una de las agrupaciones y con variaciones muy ligeras en las zonas de contacto entre conjuntos (Rios-Garaizar, 2012). Para la reconstrucción paleogeográfica del nivel VII solo se han empleado aquellos puntos tomados directamente en campo con teodolito.

En el caso de Aranbaltza II, la generación de puntos aleatorios se ha realizado de manera diferente a Amalda. En la base de datos de Aranbaltza II se encontraron numerosos puntos de coordenadas denominados como bolsas de material que contenían gran cantidad de restos. A partir del punto de coordenada que marcaba la posición de la bolsa de material, se generó un *shapefile* de *polygons* de circunferencias con un diámetro de 15 cm con la extensión Hawth's Tools. En esa

circunferencia, se proyectaron los puntos aleatoriamente en función del número de restos contenidos en cada bolsa con la función de generación de puntos de ArcGIS. De esta forma, se obtuvo un mapa de dispersión de restos con todos los materiales proyectados, tanto los que tenían coordenadas reales tomadas en campo como coordenadas estimadas. El diámetro de 15 cm no fue escogido al azar, ya que la recogida de los materiales que se incluían en dichas bolsas corresponden a un radio de 25 cm. Debido a que había variaciones en el radio de recogida de materiales, se decidió ampliarlo un poco para abarcar de manera más aproximada las zonas de recogida de restos.

### **3.3. Estadística inferencial**

#### **3.3.1. Algunos términos básicos**

La mayoría de las pruebas estadísticas parten de la identificación de la hipótesis nula. La hipótesis nula indica la aleatoriedad espacial completa (*CSR*, en sus siglas en inglés), ya sea de las entidades (en nuestro caso restos) o de los valores asociados a esas entidades. Las puntuaciones  $z$  (*z-scores*) y los valores  $p$  (*p-values*) obtenidos a partir de la aplicación de las herramientas de análisis de patrón espacial, indican si se puede aceptar o rechazar la hipótesis nula (ESRI, 2017). El rechazo de la hipótesis nula será lo que indique que el patrón no es aleatorio, sino que sigue un patrón y la dispersión forma agrupaciones (*clusters*).

##### *3.3.1.1. ¿Qué diferencia hay entre agrupado, aleatorio y disperso?*

Para describir una distribución espacial de elementos (puntos, polígonos), a menudo se hace referencia al *patrón*. Este patrón refleja cómo se organizan las entidades en el espacio y, en muchos casos, se hace referencia a su distribución como aleatoria, agrupada o dispersa (Tong and Murray, 2012). Para medir el tipo de dispersión se emplea el cociente  $D = \text{varianza } (S_2) / \text{media } (m)$ . Una distribución aleatoria es aquella en la que la varianza es mayor que la media. No sigue ningún tipo de patrón, sino que se debe al azar, y cuya situación no depende ni está relacionada con la presencia de otros restos; es independiente de la distribución y disposición del resto de materiales. Tradicionalmente, se ha visto este tipo de distribución como la idónea cuando se está tratando de ambientes antrópicos (Toots, 1965; Isaac, 1967; Voorhies, 1969; Schick, 1986), en los que no ha habido, o el impacto ha sido mínimo, agentes postdeposicionales que hayan alterado la posición de los restos una vez quedaron depositados. Sin embargo, se ha visto que ciertas actividades muestran patrones de dispersión agrupada. En una distribución agrupada la varianza es igual a la media (ESRI, 2017). Las entidades se agregan (juntan) debido a algún tipo de factor que ha favorecido dicha agrupación. En el caso de los estudios espaciales, se estudian qué patrones son los que han favorecido la agrupación de los restos, ya que existen varios procesos postdeposicionales que pueden generar su agrupación, además de los antrópicos. En las distribuciones dispersas la varianza es nula y muestran una dispersión uniforme de las entidades dentro del área de estudio. Este tipo de dispersión suele ser la menos frecuente, pero se suele dar en entornos naturales donde diferentes procesos pueden crear esas distribuciones homogéneas de materiales (Toots, 1965; Isaac, 1967; Nagle, 1967; Schleiger, 1968; Voorhies, 1969; Schick, 1984; Lenoble and Bertran, 2004; Benito-Calvo et al., 2009 and 2011; García-Moreno et al., 2016; Sánchez-Romero et al., 2016, *inter alia*).

### 3.3.1.2. ¿Qué son los p-values?

El *p-value* se puede interpretar como una probabilidad. En este caso, la probabilidad de que el patrón espacial identificado responda a algún proceso aleatorio. Este valor muestra la probabilidad de obtener el resultado obtenido suponiendo que la hipótesis nula sea cierta. Al tratarse de un valor de probabilidad, oscila entre 0 y 1 (Tabla 3.3.1).

Cuando el *p-value* es muy bajo, significa que existe una probabilidad es muy baja (poco probable) de que el patrón espacial observado sea resultado de un proceso aleatorio. De esta forma, la hipótesis nula puede ser rechazada. Los *p-values* altos no permiten rechazar la hipótesis nula, mientras que los valores bajos sí la rechazan (ESRI, 2017).

<i>z-score</i> (standard deviation)	<i>p-value</i> (probability)	Confidence level
< -1,65 ó 1,65	< 0,10	90%
< -1,96 ó 1,96	< 0,05	95%
< -2,58 ó 2,58	< 0,01	99%

Tabla 3.3.1: Tabla donde se muestran los *p-values* y los *z-scores* para los diferentes niveles de confianza en una curva de distribución normal (gaussiana).

*Table 3.3.1: Table with the p-values and z-scores for the different confident levels in a normal distribution curve (gaussian).*

### 3.3.1.3. ¿Qué son los z-scores?

Los *z-scores* son desviaciones estándar que pueden ser proyectadas en una curva de distribución normal. Las desviaciones estándar son medidas del grado de dispersión de los datos con respecto al valor medio. Los *z-scores* indican cuántas unidades de desviación estándar del promedio está una puntuación determinada. No se cuentan en cantidad de puntos, sino en cantidades de desviaciones estándar. Para su uso, es necesario que la distribución sea normal y conocer el promedio y la desviación estándar del conjunto de datos a analizar. Los *z-scores* muy altos o muy bajos, asociados a *p-values* muy pequeños, se encuentran en las colas de la distribución normal (Fig. 3.3.1). *P-values* muy pequeños y *z-scores* muy altos o muy bajos indican una baja probabilidad de que el patrón espacial observado sea un patrón aleatorio representado por su hipótesis nula (*CSR*).

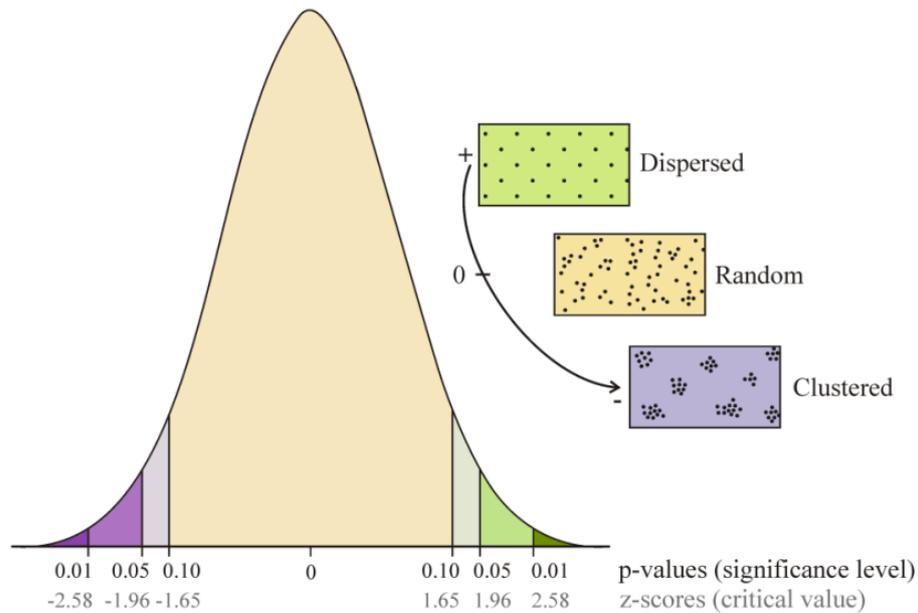


Figura 3.3.1: Curva de distribución normal y los patrones de dispersión correspondientes al cálculo de los  $p$ -values y  $z$ -scores.

Figure 3.3.1: Normal distribution curve and the dispersion patterns correspondent to the  $p$ -values and  $z$ -scores calculation.

### 3.3.2. Average Nearest Neighbor (ANN)

La herramienta ANN permite medir la distancia entre cada centroide de cada elemento y la ubicación del centroide de su vecino más cercano, calculando el promedio de todas las distancias de vecinos más próximo (Getis, 1964). El índice obtenido es el resultado de la relación entre la distancia media observada y la distancia media esperada. La distancia esperada es la distancia promedio que existe entre los vecinos de una distribución hipotética aleatoria. Si la distancia promedio es menor que el promedio de una distribución hipotética aleatoria, se considera que la distribución está agrupada (*clustered*). Sin embargo, si la distancia promedio es mayor que la distribución hipotética aleatoria, entonces se considera que la distribución es dispersa. El cálculo se hace dividiendo la distancia promedio observada entre la distancia promedio esperada:

(2)

$$ANN = \frac{\bar{D}_O}{\bar{D}_E}$$

(2)  $\bar{D}_O$  es la distancia media observada entre cada elemento y su vecino más próximo.  $\bar{D}_E$  es la distancia media esperada para las variables dadas en un patrón aleatorio.

(2) Where  $\bar{D}_O$  is the observed mean distance between each feature and its nearest neighbour.  $\bar{D}_E$  is the expected mean distance for the features given in a random pattern.

El cálculo del índice de la distancia promedio de los vecinos más cercanos se basa en la suposición de que los elementos que se miden son libres para situarse en cualquier zona del área de estudio; esto significa que los elementos se ubican de forma independiente entre sí. En cuanto a la interpretación de los valores emitidos por ANN, un *z-score* pequeño indica que hay una probabilidad muy baja (menos de 1%) de que el patrón espacial sea aleatorio. Cuando el *z-score* se sitúa hacia la izquierda de la curva de normalidad (valores negativos, inferiores a cero) (Fig. 3.3.1), implica que el patrón espacial está más agrupado de lo que se podría encontrar en un patrón aleatorio (ESRI, 2017). Por otra parte, si el *z-score* es positivo (parte derecha de la curva), el patrón espacial es más disperso de lo que se podría encontrar en un patrón aleatorio. Es importante destacar que esta puntuación es muy dependiente del tamaño del área de estudio, por lo que es importante acotarla y definirla bien para que nuestro estudio sea lo más ajustado a la realidad posible y no obtengamos datos falseados.

La forma más precisa de calcular el área es crear, previamente al cálculo, un polígono que abarque la zona concreta de estudio, para definir el área en la herramienta ANN. Además, para obtener una distancia que asegure que cada elemento tendrá al menos un vecino, se puede aplicar el cálculo de distancia de banda (*Calculate Distance Band*). Este cálculo devuelve la distancia mínima, máxima y promedio al *n*-ésimo vecino más cercano especificado para un conjunto de entidades. Estos tres valores dados nos permiten especificar un valor de distancia de umbral de vecindad que nos servirá para aplicar otros análisis, como los métodos propuestos por Getis-Ord (Getis and Ord, 1992).

### 3.3.3. Función K de Ripley

La función K calcula la densidad media entre elementos dentro de determinadas bandas de distancia, dividiendo este valor entre la densidad media de elementos de todo el área de estudio (Ripley, 1976). Esta función determina si los elementos, o los valores asociados, se encuentran agrupados o con una dispersión estadísticamente significativa en un rango de distancia. Con esta función, se especifica el intervalo de distancia y el número de intervalos, y se calcula el número medio de elementos dentro de cada banda de distancia (Fig. 3.3.2). Si el número medio de elementos encontrados a una distancia es mayor que la concentración media de elementos en todo el área de estudio, se considera que la distribución está agrupada a esa distancia. Esta función muestra cómo cambia la agrupación espacial o la dispersión de los elementos (puntos o centroides de polígonos) cuando cambia el tamaño de la vecindad.

(3)

$$L(d) = \sqrt{\frac{A \sum_{i=1}^n \sum_{j=0, j \neq i}^n k_{i,j}}{\pi n (n - 1)}}$$

(3)  $d$  es la distancia,  $n$  es igual al número de elementos,  $A$  representa el área total donde se encuentran los elementos a estudiar y  $k_{i,j}$  es el peso. El peso es 1 (si no hay corrección de límites) cuando la distancia entre  $i$  y  $j$  es menor o igual que  $d$  y es 0 cuando la distancia entre  $i$  y  $j$  es mayor que  $d$ . Cuando se aplica la corrección de borde, el peso  $k_{i,j}$  se modifica ligeramente.

(3)  $d$  is the distance,  $n$  is equal to the total number of features,  $A$  represents the total area of the features and  $k_{i,j}$  is a weight. If there is no edge correction, then the weight will be equal to one when the distance between  $i$  and  $j$  is less than  $d$ , and will equate to zero otherwise. Using a given edge correction method will modify  $k_{i,j}$  slightly.

Con este método de análisis, el valor esperado para cualquier distancia (dada una distribución aleatoria de puntos) es la distancia ( $d$ ) en sí misma, creando una línea con un ángulo de 45° para la distribución esperada. A cualquier distancia dada, si el valor  $K$  observado es mayor que el valor  $K$  esperado, la distribución está más agrupada que una distribución aleatoria a esa distancia. Por otro lado, si el valor  $K$  observado es menor que el valor  $K$  esperado, la distribución es más dispersa que una distribución aleatoria a esa distancia. Cuando el valor  $K$  observado es mayor que el valor del intervalo de confianza, se considera que la *agrupación espacial* para esa distancia es estadísticamente significativa. Sin embargo, cuando el valor  $K$  observado es menor que el valor del intervalo de confianza, se considera que la *dispersión espacial* para esa distancia es estadísticamente significativa (ESRI, 2017).

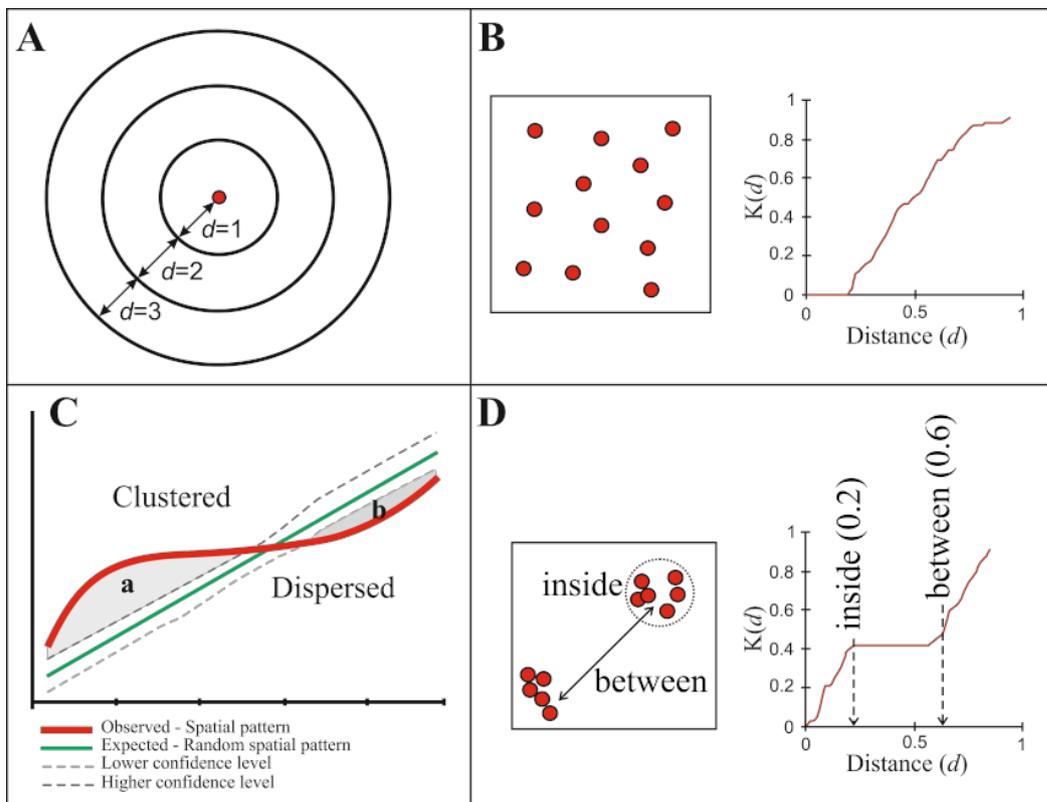


Figura 3.3.2: A) Intervalos de distancia desde un punto (elemento). B) Gráfico de una distribución dispersa; C) Gráfico de la función K de Ripley: a) indica que, a pequeñas distancias, la distribución está estadísticamente agrupada; mientras que b) indica que la distribución es estadísticamente dispersa a distancias mayores. D) Gráfico de una distribución agrupada. El final más bajo (0,2)

corresponde a las distancias dentro del *cluster*; el final más alto (0,6) corresponde a la distancia entre los *clusters*.

*Figure 3.3.2: A) Distance intervals from a point (element). B) Dispersed distribution graph. C) K Ripley's function graph: a) indicates that, in short distances, the distribution is statistically clustered; while b) indicates that the distribution is statistically dispersed at longer distances. D) Clustered distribution graph. The lower end (0.2) corresponds to the distances inside the cluster; the higher end (0.6) corresponds to the distance between the clusters.*

Cuando se usa esta función, es necesario especificar la cantidad de distancias a evaluar, así como el valor inicial de la distancia y/o el incremento de distancia. Con ello, se calcula la cantidad promedio de elementos vecinos (los que están más cerca que la distancia que se evalúa) asociados a cada elemento. A medida que aumenta la distancia, cada elemento tendrá, por lo general, más vecinos. Como ya hemos mencionado, si la cantidad promedio de vecinos para una distancia de evaluación particular es más alta que la concentración promedio de elementos de todo el área de estudio, se considera que la distribución se encuentra agrupada a esta distancia. Esta función es muy dependiente de los límites del área de estudio, por lo que hay que ajustar lo máximo posible el área, ya que es probable que los elementos cercanos al borde del área tengan menos elementos vecinos. A mayores distancias, es más probable que se encuentren menos puntos vecinos que los que realmente existen.

### 3.3.4. Análisis por cuadrantes

La distribución de probabilidad Poisson, base para el análisis de vecinos próximos (ANN), puede ser usado para determinar la presencia esperada de puntos en un cuadrante de un plano dividido en muchos cuadrantes (Getis, 1964). En el método de análisis por cuadrantes (*Quadrat Method*), el plano es dividido en una cuadrícula compuesta por cuadrantes de un mismo tamaño y se lleva a cabo un conteo del número de puntos que se encuentran en cada uno de esos cuadrantes (Getis, 1964; Lee and Wong, 2000). El tamaño de cada uno de los cuadrantes se calcula en base a la extensión del área y al número de elementos sobre los que vamos estudiar su distribución:

(4)

$$\text{tamaño cuadro} = \sqrt{2(\text{área}/\#\text{elementos})}$$

A través de este método, se evalúa la ubicación espacial de los elementos de estudio examinando la frecuencia de disposición de dichos elementos en varias partes de un área. Si hay menos zonas de las esperadas conteniendo la mayoría de los elementos y más zonas de las esperadas conteniendo menos o ningún elemento, entonces nos encontramos ante un patrón de distribución agrupado (Getis, 1964).

Para este estudio, se ha empleado la extensión de ArcGIS *Hawth's tools* (Beyer, 2004), un paquete de herramientas de análisis diseñado para estudios en ecología (patrones de movimiento, selección de recursos, etc.). Una vez calculado el tamaño de los cuadrantes, se crea una cuadrícula que cubra el área total a estudiar (donde se encuentran todos los elementos distribuidos) (Fig. 3.3.3). No es necesario que siempre sean cuadrantes, sino que también pueden ser círculos o polígonos; lo importante es que sean formas geométricas constantes y adecuadas al fenómeno a estudiar (Lee and Wong, 2000). A continuación, se une esa cuadrícula a los elementos, de forma que se pueda hacer el conteo de elementos por cuadro. Para ello, se emplea la función *Join and Relates* proporcionada por ArcGIS 10.3. Se obtiene un nuevo polígono, el cual contiene todos los datos del conteo que nos servirán para hacer la tabla de frecuencia y poder llevar a cabo el cálculo de Chi-cuadrado y Kolmogorov-Smirnov.

#### 3.3.4.1. Tabla de frecuencia

La tabla de frecuencia se elabora a partir del conteo de elementos a analizar y de cuadrantes que componen la cuadrícula que cubre todo el área de estudio (Fig. 3.3.3) (Getis, 1964). Esta tabla es necesaria para obtener la distribución esperada a partir de una distribución Poisson. Una distribución Poisson está fuertemente determinada por el número medio de casos, en este caso definido como el número medio de puntos por cuadro ( $\lambda$ ) (Lee and Wong, 2000). Este valor se obtiene de la división del total de puntos ( $n$ ) entre el número total de cuadros ( $k$ ) ( $\lambda = n/k$ ). El punto de partida es el conteo de puntos por cuadrante y el número de cuadrantes con ese número de puntos. Usando la distribución Poisson, se calcula la probabilidad de obtener  $x$  puntos en un cuadrante a través de:

(5)

$$p(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$$

(5)  $e$  es la constante de Euler (2,7183) y  $x!$  el factorial del número de puntos ( $x$ ).

(5)  $e$  is the Euler constant and  $x!$  is the factorial corresponding to the number of points ( $x$ ).

Una vez calculadas las proporciones observadas y las proporciones esperadas acumuladas, se procede al cálculo de las proporciones esperadas a través del cálculo de probabilidad basado en la distribución Poisson (Lee and Wong, 2000). Ambas proporciones serán las que nos sirvan para la aplicación de los test Chi-cuadrado y Kolmogorov-Smirnov.

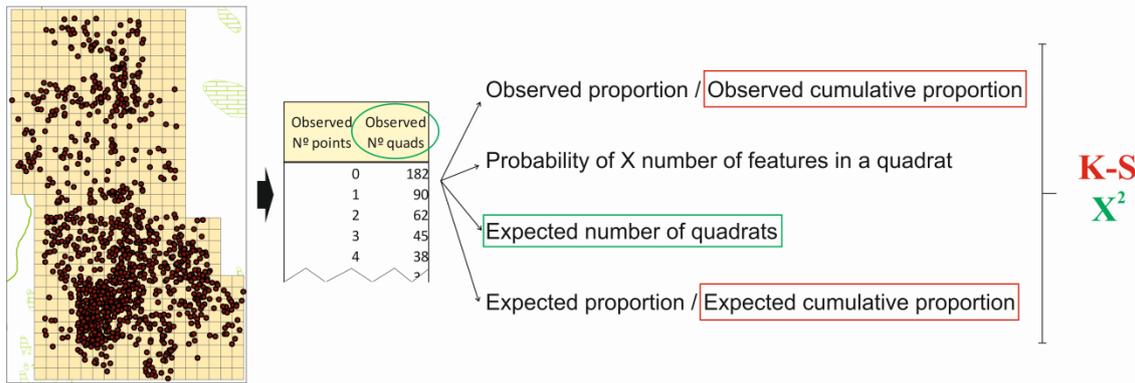


Figura 3.3.3: Método para el cálculo de las tablas de frecuencias y el análisis estadístico por cuadrantes. A partir de la aplicación del *Quadrat Analysis*, que divide la planta por cuadrantes (o cuadros), se calcula el número de puntos contenidos en cada cuadrante. Este número observado de puntos y cuadrantes sirve como punto de partida para el cálculo de otros índices que permitirán el cálculo final de los estadísticos Chi-cuadrado y Kolmogorov-Smirnov. En rojo se indican los campos empleados para el cálculo de K-S y en verde los necesarios para Chi-cuadrado.

*Figure 3.3.3: Method for calculating the frequency table and the statistical analysis by quads. The application Quadrat Analysis divides the map in quadrats, calculating the number of points contained in each quadrat. The observed number of points and quadrats is the starting point for the calculation of other index that allows us to calculate the Chi-squared and Kolmogorov-Smirnov stats. The field used for calculating K-S stats is in red, while the field used for Chi-squared is in green.*

### 3.3.4.2. Chi-cuadrado

La prueba de Chi-cuadrado fue introducida por Pearson en 1900 (Pearson, 1900), quien observó el problema de la bondad de ajuste de los datos observados en las curvas teóricas de frecuencia (Daniel, 1990). Este test determina si dos variables están relacionadas o son significativamente diferentes, comparando la diferencia acumulada entre la frecuencia observada y la frecuencia esperada. Si el valor de Chi-cuadrado es mayor que el valor crítico, la distribución es estadísticamente diferente, por lo que se puede considerar que la distribución observada no es aleatoria, sino agrupada o dispersa. El valor crítico para el intervalo de confianza es extraído de la tabla de contingencia existente para este test estadístico.

### 3.3.4.3. Kolmogorov-Smirnov (K-S)

Esta prueba de bondad de ajuste fue introducida en 1933 por el matemático ruso A. N. Kolmogorov, pero no fue hasta tres años después que N. V. Smirnov introdujo un procedimiento para su uso con datos de dos muestras (Daniel, 1990). Este test es un procedimiento para datos secuenciados (Conover, 1999; Senger, 2013), ya que mide el grado de concordancia entre la distribución de un conjunto de datos y una distribución teórica específica. Este test es usado para testear la diferencia estadísticamente significativa entre la frecuencia observada y la frecuencia teórica de la distribución, verificando si la hipótesis nula procede de muestras idénticas (Daniel, 1990). Para ello, se compara la diferencia entre las frecuencias (observada y esperada) calculando la proporción de cuadrantes en cada una de las variables.

Una vez hechos todos los cálculos, se restan los valores de la frecuencia observada menos la esperada, obteniendo la diferencia absoluta entre ambos. El valor mayor obtenido se compara con el valor crítico para el nivel de confianza ( $\alpha$ ) que hayamos especificado. Si la diferencia calculada es mayor que el valor crítico, se puede considerar que la diferencia es estadísticamente significativa. Por tanto, la distribución no es aleatoria y se rechaza la hipótesis nula.

#### 3.3.4.4. Aplicación a yacimientos paleolíticos

En el caso de los estudios que se han llevado a cabo en este trabajo, se ha empleado Chi-cuadrado (Getis, 1964) para evaluar la distribución de elementos en el área de estudio (con la tabla de frecuencia elaborada a partir del análisis de cuadros) y para comparar las variables de los materiales que forman parte del análisis espacial (como, por ejemplo, materia prima y herramientas líticas). En arqueología se suele emplear este tipo de pruebas estadísticas para la correlación de variables y para conocer la significancia estadística de los datos que se están tratando (Simek and Leslie, 1983; Brantingham et al., 2007; Sisk and Shea, 2008; Bernatchez, 2010; Vaquero et al., 2017; De la Torre and Wehr, 2018; De la Torre et al., 2018; Giusti et al., 2018, *inter alia*). Sin embargo, no se suele trabajar con el conteo de materiales por cuadrantes y la tabla de frecuencia que se deriva de la aplicación de este método, algo que sí es ampliamente utilizado en el muestreo y análisis en ecología (Legendre and Fortin, 1989; Haase, 1995; Mostacedo and Fredericksen, 2000, *inter alia*).

Un aspecto muy importante a tener en cuenta en la aplicación de este método es que, al tratarse de un análisis de elementos por cuadrante, los elementos de gran tamaño pueden aparecer registrados en varios cuadrantes. De esta forma, se pueden obtener datos que no se ajustan tanto a la realidad. En Ambrona, debido a que se trata de un yacimiento de gran extensión y a que se tenían otras herramientas de clasificación más adecuadas, no se aplicó Chi-cuadrado ni K-S a partir de la tabla de frecuencia derivada del análisis de cuadrantes, sino que se aplicaron con el fin de determinar si las variables se encontraban relacionadas o eran significativamente diferentes. Para ello, se emplearon las variables de materia prima, tipo de industria lítica, taxones y elementos anatómicos, además de establecer una correlación entre las diferentes variables a analizar. Por otra parte, se aplicó el análisis de Getis-Ord  $G_i^*$  a los cuadrantes con el fin de comparar los datos de agrupaciones estadísticamente significativas con los datos obtenidos a partir de los puntos y los análisis de densidad.

En el caso de Amalda, la aplicación de Chi-cuadrado y K-S a la distribución de materiales se hizo a partir del conteo de materiales por cuadrante. El área a calcular era mucho más pequeña que Ambrona y con más variables conocidas, ya que la gran mayoría de los datos obtenidos de Ambrona procedían de los planos recuperados del HERC. En Amalda se tenían todos los datos relacionados con la

industria lítica, desde el tipo de materia prima, soporte y herramienta configurada. En el caso de los datos de fauna, se ha contado con los restos coordinados en campo y clasificados como “identificables” (ver capítulo de Resultados). Con toda esta información, Chi-cuadrado se ha aplicado, junto con K-S, para conocer el tipo de distribución que nos encontramos en el yacimiento y la relación de los materiales entre sí. En este caso, se han empleado diferentes variables analizadas, como el tipo de materia prima y el tipo de industria, en el caso de la industria; y los taxones y partes anatómicas, en el caso de la fauna. La aplicación de este test a las diferentes variables de los materiales de Amalda ha permitido profundizar en las características del conjunto. En ambos yacimientos, todos los test han sido calculados con un intervalo de confianza del 95% ( $p = 0,05$ ).

### 3.3.5. La I de Moran

Este test mide la autocorrelación espacial entre los valores asociados a los elementos y su ubicación. La I de Moran no se desarrolló completamente hasta 20 años después de la publicación inicial de Moran (1950). En este artículo, Moran propuso un test estadístico con el que evaluar el grado de autocorrelación espacial entre elementos adyacentes (Li et al., 2007). Posteriormente, Cliff y Ord (1981), basándose en el estudio de Moran, presentaron un test estadístico que permitiera evaluar de forma más general la dependencia espacial en los residuos de un modelo de regresión lineal (Li et al., 2007). Este test estadístico puede aplicarse tanto a nivel global como local.

#### 3.3.5.1. Análisis estadístico de I de Moran global

Este test permite, dado un conjunto de entidades y un atributo asociado, medir si el patrón se encuentra agrupado, disperso, o si es aleatorio. Esta herramienta se ha aplicado usando ArcGIS 10.3, la cual genera cinco valores: el índice I de Moran, el índice esperado, la varianza, *z-score* y *p-values*. La *z-score* y el *p-value* son medidas de significancia estadística que indican si la hipótesis se debe rechazar o aceptar. Al igual que en ANN, la hipótesis nula establece que los valores asociados con entidades están distribuidos de forma aleatoria.

(6)

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

(6)  $x_i$  e  $x_j$  son los valores que toma la variable  $x$  en los puntos  $i$  y  $j$ ,  $n$  es el número de datos, y  $w_{i,j}$  es el peso de la clase de distancia  $d$  (Moran, 1950; Camarero and Rozas, 2006).

(6)  $x_i$  and  $x_j$  are the values used for the  $x$  variable in the points  $i$  and  $j$ ,  $n$  is the number of data, and  $w_{i,j}$  is the weight for the distance  $d$  (Moran, 1950; Camarero and Rozas, 2006).

La I de Moran es un tipo de estadística deductiva (ESRI, 2017), es decir: los resultados del análisis han de interpretarse dentro del contexto de la hipótesis nula. Para este test, los atributos a analizar tienen que estar distribuidos de forma aleatoria entre las entidades del área de estudio. Cuando el *p-value* es estadísticamente significativo, se puede rechazar la hipótesis nula y, por tanto, la distribución es aleatoria. Los valores oscilan entre -1 (dispersión perfecta) y 1 (correlación perfecta), mientras que si indican 0 es que se está ante un patrón aleatorio. En caso del *z-score*, los valores superiores a 1,96 e inferiores a -1,96 indican una autocorrelación espacial significativa al 95% (Fig. 3.3.1, Tabla 3.3.1).

### 3.3.5.2. Autocorrelación espacial incremental

Esta herramienta permite medir la autocorrelación espacial de una serie de datos, generando un gráfico donde se expresan esas distancias y los *z-scores*. Estas puntuaciones reflejan la intensidad de la agrupación espacial según a qué distancias. Los picos de *z-scores* estadísticamente significativos marcan las distancias donde los procesos espaciales que generan dicha agrupación son más marcados. Es decir, el valor más alto de *z-score* indica la escala donde el agrupamiento es más intenso. Estos valores marcados son los que luego se suelen usar como radio o banda de distancia en el momento de aplicar otras herramientas, como Getis-Ord, donde se usa este valor pico para la selección de un radio apropiado para cada caso. Si no se destaca ningún pico, es porque probablemente no haya ningún patrón espacial claro en los valores de los elementos que se están analizando.

La autocorrelación espacial se suele aplicar para calcular el índice I de Moran global a diferentes distancias. De esta forma, se mide simultáneamente la autocorrelación espacial entre las ubicaciones y los valores de las entidades. Dado un conjunto de entidades y con un atributo asociado, se evalúa si la distribución es aleatoria, agrupada o dispersa.

### 3.3.5.3. Análisis estadístico de I de Moran local (Anselin Local Moran's I)

El análisis estadístico de la I de Moran a escala local identifica agrupaciones espaciales de entidades con valores altos o bajos, para ello es necesario tener un conjunto de entidades (sobre las que se hará el cálculo y se identificarán las agrupaciones en función de sus atributos) y un campo de análisis. También se identificaron los valores atípicos espaciales.

Para poder llevar a cabo este análisis, se calcula un valor I de Moran Local, un *z-score*, un pseudovalor *p* y un código que representa el tipo de agrupación (*cluster*) para cada entidad estadísticamente significativa. Como en los anteriores estadísticos, el *z-score* y el pseudovalor *p* representan la significancia estadística de los índices calculados (ESRI, 2017).

(7)

$$I_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} (x_j - \bar{X})$$

(7) Donde  $x_i$  es un atributo para  $i$ ,  $\bar{X}$  es la media del atributo correspondiente, y  $w_{i,j}$  es el peso espacial entre  $i$  y  $j$ .

(7) Where  $x_i$  is an attribute for feature  $i$ ,  $\bar{X}$  is the mean of the corresponding attribute, and  $w_{i,j}$  is the weight between feature  $i$  and  $j$ .

El valor obtenido para la  $I$  de Moran puede ser positivo o negativo. En caso de que sea positivo, indica que una entidad tiene entidades vecinas con valores de atributo bajos o altos similares, es decir: es parte de un *cluster*. Sin embargo, un valor negativo indica que una entidad tiene entidades vecinas con valores diferentes, por lo que es un valor atípico. En ambos casos, el *p-value* tiene que ser lo suficientemente pequeño para que el *cluster* o el valor atípico sean considerados estadísticamente significativos.

### 3.3.6. Estadística de Getis-Ord

Aunque en arqueología espacial nos interese saber si el conjunto de los materiales se encuentran agrupados, dispersos o aleatoriamente distribuidos, también es necesario precisar dónde se sitúan los grupos y su significado estadístico. De esta forma, localizando la zona de acumulación (o de dispersión) podremos definir la distribución de los grupos y sus características, de forma que se puedan interpretar los procesos que han podido provocar la acumulación de materiales. Para evaluar dónde se produce esa acumulación de materiales, hay varias herramientas que se pueden usar, como Anselin Local Moran's  $I$  y  $G_i^*$  de Getis-Ord. Estas herramientas nos permiten conocer la acumulación de materiales con criterios estadísticos, en función de unos atributos determinados y la relación de éstos con el lugar o espacio en el que se encuentran (Getis and Ord, 1992). La ecuación general de este método queda definida por la expresión:

(8)

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} x_i x_j}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j}, \forall j \neq i$$

(8) Donde  $x_i$  y  $x_j$  son los valores de un atributo para los elementos  $i$  y  $j$ , y  $w_{i,j}$  es el peso espacial entre  $i$  y  $j$ ,  $n$  es el número de elementos en la base de datos.  $\forall j \neq i$  indica que  $i$  y  $j$  no pueden ser el mismo elemento.

(8) Where  $x_i$  and  $x_j$  are attribute values for features  $i$  and  $j$ , and  $w_{i,j}$  is the spatial weight between the features  $i$  and  $j$ ,  $n$  is the number of features in the dataset.  $\forall j \neq i$  indicates that features  $i$  and  $j$  cannot be the same feature.

Esta herramienta permite examinar los patrones espaciales y los análisis de *clusters* (Jeefoo et al., 2010), y ayudar a su correlación con los diferentes elementos que los han provocado (Naqvi et al., 2015). Lo más importante cuando se aplica cualquier herramienta estadística es preguntarse qué es lo que se está buscando. En el caso de los métodos estadísticos de Getis-Ord, se buscan agrupaciones espaciales determinadas por valores altos y bajos definidas por una variable cuantitativa a analizar. Como suele ser habitual, esas agrupaciones requieren de un análisis posterior para interpretar el significado arqueológico de dichas agrupaciones.

### 3.3.6.1. Método G general

Este método se encuentra dentro de la estadística deductiva (como ya vimos con la I de Moran), por lo que los resultados obtenidos del análisis han de interpretarse en el contexto de la hipótesis nula. Para el método G, la hipótesis nula establece que no existe un agrupamiento espacial de valores. Cuando el *p-value* es pequeño y estadísticamente significativo, se rechaza la hipótesis nula. En caso de rechazo de la hipótesis nula, el *z-score* cobra más importancia. Si el *z-score* es positivo, el índice G general observado es mayor que el esperado, por lo que hay una agrupación de valores altos para el atributo especificado en el área de estudio. Si, por el contrario, el *z-score* es negativo, el índice G general observado es menor que el esperado y, por tanto, habrá una agrupación de valores bajos (ESRI, 2017).

La característica principal del método G general es que evalúa el patrón y la tendencia general de los datos. Este método es más efectivo cuando se trata de testear el patrón espacial general de todo el área, sirviendo de esta forma como una buena representación del patrón espacial general (Getis and Ord, 1992). Para la evaluación de patrones dentro del contexto de elementos vecinos, hay que acudir a métodos locales (como el  $G_i^*$ , o el anteriormente citado Moran local) que comparan la situación local con la global.

### 3.3.6.2. Método $G_i^*$

El método  $G_i^*$  de Getis-Ord, también conocido como *Hotspots*, identifica agrupaciones espaciales estadísticamente significativas de valores altos (puntos calientes) y valores bajos (puntos fríos). Estos puntos se identifican en un conjunto de elementos (o entidades) ponderados mediante la estadística  $G_i^*$  (ESRI, 2017):

(9)

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2]}{n-1}}}$$

(9) Donde  $x_j$  es el valor de atributo para  $j$ ,  $w_{i,j}$  es el peso espacial entre  $i$  y  $j$ , y  $n$  es igual al número total de elementos. Para  $\bar{X}$  y para  $S$ :

(9) Where  $x_j$  is the attribute value for feature  $j$ ,  $w_{i,j}$  is the spatial weight between feature  $i$  and  $j$ ,  $n$  is the equal to the total number of features. For  $\bar{X}$  and  $S$ :

(10)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n}$$

(11)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2}$$

Esta estadística genera un *z-score* para cada elemento. Los *z-scores* positivos estadísticamente significativos son más grandes cuanto más intenso sea el índice de agrupación de valores altos; mientras que para los valores negativos estadísticamente significativos, cuanto más pequeño sea el *z-score* más intensa será la agrupación de valores bajos. Estos valores indican si la agrupación espacial de valores altos o bajos es más marcada de lo esperado para una distribución aleatoria de esos mismos valores. Para que un punto caliente sea estadísticamente significativo, una entidad debe tener un valor alto y estar rodeada por otras entidades de valores altos.

Los resultados obtenidos de la aplicación de esta herramienta se interpretan dentro del contexto de la hipótesis nula, la cual establece que no existe una agrupación espacial de los valores de entidades. Cuando el *p-value* es pequeño y estadísticamente significativo, la hipótesis nula se puede rechazar. En cuanto a los valores *z-score*, cuanto más alta sea esta puntuación, más intensa será la agrupación. Si el *z-score* es próximo a 0, significa que no hay una agrupación espacial evidente. Una vez aplicado el método y sabiendo dónde se dan las diferentes agrupaciones, se han de analizar y detectar cuál o cuáles son los factores que han contribuido a que haya una (o varias) acumulaciones hot- o cold- spots en esa zona del yacimiento.

De esta forma, el método de Getis-Ord  $G_i^*$  queda determinado principalmente por dos parámetros:

1. Los valores de un atributo característico de los elementos. Dicho atributo es la variable cuya distribución espacial estamos analizando. En el caso del análisis espacial de yacimientos, hay una gran variedad de variables a analizar: frecuencia o conteo de material, tamaño, peso, situación topográfica, etc. Siempre debe tratarse de una variable cuantitativa.

2. El peso o la relación espacial entre los elementos de estudio. Esta relación espacial puede tratarse de diversas maneras:
  - a. Banda fija: Este parámetro funciona muy bien con datos de puntos y permite delimitar la interacción espacial de los datos imponiendo una zona de influencia concreta. Cada elemento se analiza dentro del contexto de esos elementos vecinos localizados dentro de la distancia especificada. Todos los vecinos de la distancia especificada se ponderan por igual, sin influir en los cálculos aquellos elementos que quedan fueran.
  - b. Distancia inversa: Adecuado para datos continuos o para la modelización de procesos en los que, cuanto más cerca estén dos elementos en el espacio, más probable será la interacción o que se influyan mutuamente. Cada elemento es potencialmente vecino de otro, siendo el número de cálculos muy grande cuanto más grande sea el conjunto de datos (ESRI, 2017). Cuando se introduce el valor 0 en el parámetro de Banda de distancia o distancia de umbral, se considera que todos los elementos son vecinos del resto de elementos. Sin embargo, cuando se deja en blanco, se aplica la distancia predeterminada. Los pesos de las distancias menores que 1 se vuelven inestables cuando se invierten, por lo que se asignará un peso de uno a todos los pares de puntos coincidentes para evitar la división entre 0. Esto permite garantizar que ningún elemento quedará excluido del análisis.
  - c. Distancia inversa cuadrada: Igual que la distancia inversa pero con la pendiente más nítida, de forma que el vecino influya de forma más rápida y que sólo los vecinos más cercanos al elemento de destino influyan sustancialmente en los cálculos de dicho elemento.
  - d. Conexiones (contigüidad): Este parámetro sólo puede aplicarse a aquellos elementos que sean polígonos, ya que los cálculos se hacen en función de los bordes compartidos por dichos elementos poligonales. Se suele emplear este tipo de opción cuando se quieren modelizar procesos dependientes (como contagios) o datos continuos. Este tipo de relación espacial es bastante interesantes a la hora de analizar superposiciones y conexiones entre los elementos de estudio.

Además de estos parámetros, es importante tener en cuenta que se pueden considerar otros aspectos que permiten un análisis más ajustado:

1. Tipo de distancia: Dentro de los tipos de distancia se pueden encontrar la Euclidiana (línea recta) o la Manhattan (ESRI, 2017). La primera es

adecuada para la modelización de datos continuos, mientras que la Manhattan es más apta para aquellos análisis que implican ubicaciones espaciales fijas. Debido al tipo de datos que se manejan a la hora de abordar estudios espaciales en yacimientos, el tipo de distancia que más se suele utilizar es la Euclidiana.

2. Distancia umbral: Este parámetro es opcional y permite asegurar que cada elemento tendrá al menos un vecino. Aunque es importante, no siempre es adecuado marcar como predeterminado este parámetro, sino que es mejor indicar cuál es la distancia más apropiada para cada análisis. Para ello, hay otros análisis que permiten el cálculo de la distancia más adecuada para cada caso, tal y como se verá más adelante.
3. Ponderación: Las ponderaciones espaciales definen las relaciones espaciales a través de valores que cuantifican las relaciones espaciales y temporales existentes entre los elementos de estudio. A través de una matriz de ponderaciones, se pueden definir relaciones espaciales entre los elementos del conjunto de datos en base a unos parámetros especificados (ESRI, 2017).
4. FDR (*False Discovery Rate*): Se aplica en métodos de análisis de patrones de agrupación locales, como  $G_i^*$  de Getis-Ord o en el I de Local Moran. Se trata de un parámetro booleano opcional que reduce los umbrales de los *p-values* críticos, ajustando la dependencia espacial de los elementos.

### 3.3.6.3. Aplicación a yacimientos paleolíticos

Como se ha explicado anteriormente, el método  $G_i^*$  depende de varios parámetros que pueden afectar a la detección y localización de grupos espaciales, existiendo una amplia variedad de relaciones espaciales entre elementos que pueden afectar a la detección de dichos grupos. Del mismo modo, la aplicación de otros parámetros, como el FDR o la distancia umbral, pueden causar incertidumbres o diferencias a la hora de definir con precisión los límites de los grupos. En esta tesis se ha probado la influencia de todos estos parámetros para comprobar el significado y utilidad de los parámetros a la hora de analizar las distribuciones espaciales en los yacimientos paleolíticos.

De este modo, en el yacimiento de Ambrona el análisis Getis-Ord ha permitido testear estadísticamente la correlación espacial entre los restos de lítica y fauna, identificando los valores estadísticamente significativos y agrupándolos según un grado de confianza marcado. En este caso, las agrupaciones confirmaban la existencia de conjuntos agrupados, como ya se vio con la aplicación de los test, y se pudieron localizar espacialmente. El objetivo de esto fue comprobar la localización de estas agrupaciones y, en combinación con los otros análisis hechos y la estratigrafía, conocer la naturaleza de dichas concentraciones. La aplicación de

esta técnica al yacimiento de Ambrona se realizó utilizando la variable de contaje o frecuencia de material.

Por otra parte, en Amalda se ha aplicado este análisis para conocer las relaciones estadísticamente significativas al proyectar los restos de fauna e industria, con el fin de conocer la existencia o no de concentraciones significativas. En caso de que existan, analizarlas y comprobar por qué son importantes. En este caso, el estudio se ha hecho en base a la variable del tamaño, tomando la mayor dimensión de las piezas. Esto nos permitirá conocer las zonas de mayor concentración de restos en función de su tamaño, un dato muy importante cuando se trata de áreas en las que hay una alta probabilidad de poder identificar zonas diferenciadas de actividad. No sólo es importante la posible identificación de estas zonas, sino la importancia de descartar aquellos factores que han podido participar en una clasificación por tamaños de los restos.

### **3.4. Métodos de clasificación en grupos**

Otros métodos muy usados en el análisis espacial son los métodos de clasificación, que permiten agrupar espacialmente los elementos arqueológicos en clases o grupos. Los métodos de clasificación son divididos en métodos supervisados, donde las características de las clases están definidas previamente, y en métodos no supervisados, donde las características de las clases son inicialmente desconocidas. Los métodos no supervisados son particularmente utilizados para obtener clasificaciones automáticas sin prácticamente intervención del usuario, aunque es necesario fijar de inicio el número de clases o grupos que se pretenden obtener. Uno de los algoritmos de clasificación no supervisada más conocidos es el K-means, que se explica a continuación.

#### **3.4.1. K-means**

Este sistema de análisis es una cuantificación de vectores basado en la partición de un conjunto de  $n$  observaciones (elementos) en  $k$  agrupaciones (Forgy, 1965; Hartigan and Wong, 1979; Kintigh and Ammerman, 1982; Kinting, 1990; Rios-Garaizar, 2012; Sánchez-Romero et al., 2016). Los datos se agrupan en función de la media más cercana, por lo que se hace una clasificación de la distribución en varias agrupaciones (*clusters*), sin distinguir acumulaciones más grandes o pequeñas. Estas agrupaciones se hacen en función del valor medio más próximo, previa definición del número de grupos en los que se quiere que se divida el conjunto de datos. Los elementos son divididos y remodelados en función de un atributo.

(12)

$$SS(k) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^p (x_{ij} - \bar{x}_{kj})^2$$

(12) Donde  $k$  es el grupo,  $x_{ij}$  es el valor de la variable  $j$  para el elemento  $i$ , mientras que  $\bar{x}_{kj}$  es la media de la variable  $j$  del grupo  $k$  (Hartigan and Wong, 1979).

(12) Where  $k$  is the group,  $x_{ij}$  is the value of the feature  $j$  for the attribute  $i$ , while is the mean of the feature  $j$  for the  $k$  group (Hartigan and Wong, 1979).

De esta forma, la clasificación de elementos a través este método se basa en dos parámetros principales: el número de grupos a obtener y la variable en base a la cual queremos crear la clasificación. Una vez definidas ambas variables, el algoritmo buscará una solución en la que todos los elementos de cada grupo sean lo más similares posibles, y todos los grupos sean lo más diferentes entre sí.

Para el análisis k-means se ha empleado Rcmdr (R-commander), software libre que proporciona herramientas muy útiles y sencillas para la aplicación de este método, y la herramienta de análisis de agrupamiento proporcionado por ArcGIS.

#### 3.4.1.1. Aplicación a yacimientos paleolíticos

K-means se ha aplicado tanto al yacimiento de Ambrona como al de Amalda, con el objetivo de conocer el nivel de agrupación, permitiendo de esta forma ahondar en la distribución espacial de los elementos por atributo. Esta técnica ha sido una de las más populares y fue bastante utilizada sobre todo en los primeros trabajos sobre arqueología espacial *intra-site* (Simek, 1984; Kintigh, 1990; Blankholm, 1991; Vaquero, 1999; Lemke, 2013), hasta que la llegada de otras herramientas de clasificación y visualización de áreas de concentración de materiales hizo que quedara relegada a un segundo plano.

En este estudio, se aplicó k-means (y Jenks, del cual se habla en el apartado siguiente) para identificar las principales acumulaciones y su localización. Para ello, se emplearon las herramientas que proporciona Rcmdr (R-commander). Estas observaciones fueron divididas y reorganizadas de acuerdo a un criterio dado, en este caso fauna e industria lítica. En el caso de Ambrona, fueron identificadas varias acumulaciones principales con la variable de fauna (ya que la poca densidad de industria en la zona de estudio no permitía aplicar un estudio de estas características que fuera a aportar resultados útiles), que permitieron afinar y confirmar las principales concentraciones en función de los niveles identificados con la incorporación de la nueva información proporcionada por los planos del HERC. Este método nos permitió agrupar los materiales, clasificando el conjunto en diferentes agrupaciones.

#### 3.4.2. Clasificación por grupos naturales (Método de Jenks)

El método de cortes de naturales está basado en las agrupaciones naturales inherentes a los datos y persigue la obtención de clases de gran homogeneidad interna, con máximas diferencias entre las clases para el número de intervalos que se hayan especificado previamente. En este caso, se especificaron 2 números de clases para conocer las zonas de mayor y menor acumulación de restos, sin clasificaciones intermedias. Este sistema agrupa mejor los valores similares y maximiza las diferencias entre clases, estableciendo los límites donde las diferencias son más significativas entre los valores de los datos. La clasificación está basada en el algoritmo de rupturas naturales de Jenks (1967).

### 3.5. Distribución direccional

La distribución direccional permite medir la tendencia de un conjunto de elementos a través del cálculo de la desviación estándar (Mitchell, 2005). Las direcciones X e Y de una elipse son medidas que definen los ejes de la misma, la cual abarca el conjunto de elementos (agrupamiento o *cluster*) que se quieren estudiar. La elipse de desviación estándar calcula la desviación estándar de las coordenadas X e Y y desde el centro para definir los ejes de la elipse.

(13)

$$SDE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}}$$

$$SDE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n}}$$

(13) Cálculo de la desviación estándar de cada eje según la X y la Y de cada elipse. Donde  $x_i$  e  $y_i$  son las coordenadas para el elemento  $i$ .  $\bar{X}$  e  $\bar{Y}$  representan el centro del elemento y  $n$  es el número total de elementos sobre los que se hace el análisis.

(13) Calculation of the standard deviation for each axis according to the X and Y of each ellipse. Where  $x_i$  and  $y_i$  are the coordinates for feature  $i$ .  $\bar{X}$  and  $\bar{Y}$  represents the mean center for the features and  $n$  is equal to the total number of features.

Para ello, se ha aplicado la herramienta *Directional Distribution (Standard Deviation Ellipses)* que crea una elipse de desviación estándar según los datos contenidos en el *cluster* seleccionado. Esta elipse engloba las características principales de los atributos geográficos, como la tendencia central, la dispersión y la dirección. Una vez obtenidos los datos de la elipse, se ha aplicado una herramienta que permite calcular la geometría de una zona (*zonal geometry as a table*) y proporciona los datos acerca del área, perímetro, grosos y otras características de la elipse. Gracias a estos datos, se ha podido calcular el índice de excentricidad de la elipse ( $e$ ).

(14)

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

(14) Donde  $a$  es el eje mayor y  $b$  el eje menor de la elipse. La excentricidad oscila entre los valores 0 y 1 ( $0 \leq e \leq 1$ ), siendo 0 una circunferencia y 1 el segmento.

(14) Where  $a$  is the major axis and  $b$  the minor axis of the ellipse. The eccentricity varies from the values 0 to 1 ( $0 \leq e \leq 1$ ), being 0 a circumference and 1 a segment.

La excentricidad de una elipse es un valor que determina la forma de la elipse, es decir: si se trata de una elipse más circular o si, por el contrario, su forma se aproxima más a un segmento. Este valor oscila entre 0 y 1, siendo 0 cuando la

elipse es una circunferencia y 1 cuando es un segmento. De esta forma, cuanto más se aproxime el valor a 1, más elongada será la elipse.

Este método se ha aplicado al conjunto de datos de Amalda, partiendo de la clasificación por grupos naturales (Jenks) y los análisis de densidad realizados empleando el método Kernel. Con este sistema de análisis se han podido conocer las características concretas de las agrupaciones principales correspondientes a la fauna y la industria lítica. Se han generado elipses para cada uno de los *clusters* y se han obtenido los atributos geográficos de cada elipse generada. Para este estudio se han aplicado 2 desviaciones estándar, ya que es lo más adecuado para la extensión y el número de restos de cada *cluster*. Para cada una de las agrupaciones se han realizado 2 elipses diferentes, una tomando como variable la máxima dimensión de los restos y otra sin especificar ningún tipo de variable. Los datos obtenidos nos han permitido conocer la desviación estándar de la X y la Y, así como la rotación y los valores de X e Y que se encuentran en el centro de cada elipse. Una vez conocidos estos datos, se ha procedido a conocer los datos geométricos de cada elipse, con el fin de evaluar las características propias de la elipse generada en base a las agrupaciones especificadas.

### **3.6. Análisis de densidad**

Los análisis de densidad permiten calcular las zonas con más y menos elementos por unidad de área en base a su ubicación y proximidad espacial. De este modo, los mapas de densidad muestran dónde se concentran los elementos a analizar, ya sean puntos o líneas (archivos de entrada). En este trabajo se ha aplicado la estimación de densidad de tipo kernel, que calcula un área de magnitud-por-unidad a partir de las características de un elemento, utilizando una función kernel para ajustar una superficie a cada elemento (punto o línea) (Silverman, 1986).

(15)

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=0}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$$

(15) Donde  $\hat{f}(x)$  es una estimación de la densidad de los datos,  $n$  es el tamaño de la muestra,  $h$  el ancho de banda (Baxter et al., 1997).

(15) Where  $\hat{f}(x)$  is the estimation of the density of the data,  $n$  is the number of the simple,  $h$  is the width of the band (Baxter et al., 1997).

Para este trabajo se ha empleado la herramienta *Kernel Density* (ArcGIS), que calcula la densidad de elementos en la vecindad de dichos elementos, necesitando para su aplicación un valor de entrada que indique el radio de búsqueda. Este radio variará en función de la superficie a analizar y, sobre todo, la cantidad de materiales que se tengan en la distribución. Este parámetro de búsqueda determina el detalle de la densidad: un valor de radio alto genera un ráster de densidad más general, mientras que un valor bajo general un ráster más detallado.

(16)

$$\text{radio de búsqueda} = 0.9 * \min\left(SD, \sqrt{\frac{1}{\ln(2)}} * D_m\right) * n^{-0.2}$$

(16) Donde  $SD$  es la distancia estándar,  $\min$  indica que se utilizará cualquiera de las dos opciones que den como resultado el valor menor,  $D_m$  es la mediana de la distancia y  $n$  el número de puntos cuando no se usa campo de población, o la suma de los valores del campo de población cuando sí se utiliza.

(16) Where  $SD$  is the standard distance,  $\min$  indicates that ever of the two points options that results in a smaller value will be used,  $D_m$  is the median distance and  $n$  is the number of points if no population field is used, or if a population field is supplied.

Cuando se aplica la herramienta de análisis, se obtiene un ráster con las zonas de mayor y menor concentración de elementos por unidad de área. Este raster fue analizado y clasificado según el método de Jenks, explicado en la sección anterior

### 3.6.1. Aplicación a yacimientos paleolíticos

Los cálculos de mapas de densidades se introdujeron en los análisis de datos arqueológicos en la década de los 90, pero no fue hasta a partir del año 2000 que sufrió un incremento en su aplicación. Este aumento del uso de kernel pudo deberse a la disponibilidad de la metodología como herramienta en los Sistemas de Información Geográfica, muy útiles para estimaciones bidimensionales de densidad en patrones espaciales (Baxter, 2003).

En este trabajo se ha empleado kernel para generar el mapa de densidad del yacimiento de Ambrona, el cual fue clasificado siguiendo el método Jenks. Para generar el mapa de densidad final, se probaron varios radios de búsqueda y se comprobó que un valor de 2 m proporcionaba una superficie detallada, teniendo siempre en cuenta las dimensiones del área a analizar y el gran tamaño de los materiales del estudio (defensas, pelvis, cráneos, mandíbulas, etc. de elefante y otros grandes mamíferos). El análisis de densidad también ha sido aplicado a los restos líticos, los cuales están representados como puntos debido a su pequeño tamaño y a que no tenemos descripción de todos ellos.

En el caso de Amalda, la problemática es muy diferente a la de Ambrona, de forma que el planteamiento del que se partía en el análisis de densidad tenía unos objetivos muy claros. El área de estudio es mucho más reducida, además de que los materiales con los que trabajamos están mucho más fracturados y los restos líticos son más pequeños. Es importante tener la mayor cantidad de información posible en lugares tan limitados espacialmente y, muy especialmente, en entornos de cueva donde la propia dinámica del karst influye notablemente en las zonas de mayor habitabilidad (por no mencionar otros factores, como otros animales que también aprovechan las cavidades y modifican el espacio de actividad). Todos los materiales fueron proyectados, desde la industria hasta la fauna, pasando por el tipo de soporte, materia prima y herramienta lítica; especie y elemento anatómico; y demás elementos más aislados (como carbones). Se empleó kernel con un radio de búsqueda de 0,50 m, muy diferente al empleado en Ambrona debido a las diferencias evidentes de tipo de material y extensión del área.

### **3.7. Análisis de fábricas**

#### **3.7.1. Introducción**

El análisis de fábricas se encarga del cálculo de la orientación y pendiente de los materiales excavados, permitiendo de esta forma analizar la organización de los materiales e inferir los procesos que han participado en la formación del yacimiento. Estos cálculos pueden hacerse tanto sobre los propios materiales como sobre los niveles sedimentarios, de forma que se puedan comparar los datos e identificar los procesos, en caso de que no sean los mismos los responsables de la acumulación de sedimentos y de materiales.

Desde hace varios años, se han propuesto varias herramientas de análisis que han permitido la identificación de los procesos asociados a los procesos de formación de yacimiento, la mayoría de ellos procedentes de estudios ya aplicados en geología, como en sedimentología o en geología estructural (Sneed and Folk, 1958; Benn, 1994; Bertran and Texier, 1995; Lenoble et al., 2000; Bertran and Lenoble, 2002; Lenoble and Bertran, 2004; McPherron, 2005; Benito-Calvo et al., 2009; Benito-Calvo and De la Torre, 2011; Roy Sunyer et al., 2014).

##### *3.7.1.1. Toma de datos*

La toma de datos en campo es la base fundamental sobre la que se debe asentar cualquier estudio en arqueología, pero más cuando se aborda un trabajo sobre los procesos deposicionales y postdeposicionales que han contribuido a la formación del yacimiento. El cálculo de orientación y pendiente es fácil de entender como concepto, pero no tan fácil de aplicar en la metodología de excavación. Se trata de datos especializados poco utilizados hasta hace unos años y los métodos relativos a la toma de este tipo de datos no están extendidos ni estandarizados. La solución más sencilla es centrar la toma de datos de orientación en función del eje mayor del elemento a registrar, ya que es el eje más marcado y sensible frente a los procesos de formación (Schiffer, 1987; Bertran and Texier, 1995; Bertran et al., 1997; Dibble et al., 1997; Lenoble and Bertran, 2004; McPherron, 2005; Benito-Calvo et al., 2009; García-Moreno et al., 2016, *inter alia*). Las piezas a utilizar deben ser piezas alargadas con un eje mayor bien marcado. Más adelante se profundizará en la teoría sobre los cálculos para medir la orientación y la pendiente. Existen varios métodos para medir la orientación y pendiente de las piezas, siendo todos ellos útiles si se toman con detalle. A continuación se exponen algunos de los más comunes:

1. Brújula y clinómetro. En este caso, la brújula se alineará con el eje mayor de la pieza tomando el azimut de la pieza en el sentido que marca la pendiente de la pieza. Posteriormente, con el clinómetro se tomará la pendiente de la pieza. No es recomendable tomar las orientaciones de las piezas

simplemente mediante puntos cardinales estimados visualmente, ya que implica un alto grado de simplificación, además de ser subjetiva.

2. Estación total. Esta opción permite tomar varios puntos X, Y, Z, a partir de los cuales podemos calcular tanto la orientación de la pieza como su pendiente. A priori, con este método se minimiza el error humano durante el proceso de registro. No obstante, la precisión del punto está controlada no sólo por la precisión milimétrica de la estación, sino también por la posición del jalón-prisma marcada por el usuario. Así mismo, los puntos registrados deben registrar con precisión los extremos de la pieza (para poder calcular la orientación del eje mayor) y la *cama* de la pieza (para que la pendiente no sea un efecto del volumen y forma de la pieza). De este modo, el factor humano es también un elemento a tener en cuenta durante la toma de datos con este método.

Tanto la toma de datos con brújula y clinómetro como con estación total, la definición del eje mayor de la pieza es una elección visual momentánea de la persona que esté llevando a cabo el registro, por lo que no podrá ser contrastada ni repetida después de la excavación.

3. Otro método son los dibujos o planos elaborados de los materiales arqueológicos. Este sistema tiene el gran problema de que los datos de cota no suelen estar asociados (como ocurre en los documentos de excavaciones antiguas o en aquellos yacimientos en los que se dibuja pero sólo se toma un punto en el medio, independientemente de cómo sea el tamaño de la pieza). Este sistema es muy útil cuando se quieren integrar datos de excavaciones antiguas, ya que los sistemas de registro no estaban tan desarrollados o no eran tan accesibles. Con los datos proporcionados por los dibujos es posible conocer la orientación de los materiales, pero no la pendiente de los mismos. Por ello, hay varias alternativas que permiten tomar los datos con la mayor cantidad de información posible:
  - a. Integrar los datos X, Y, Z de la estación total y los dibujos, *dibujando* el contorno de las piezas con puntos de estación (Dibble and McPherron, 1988; McPherron and Dibble, 2002; McPherron, 2005) (en función del tamaño de la pieza y de la complejidad en su posición se tomarían más o menos puntos), de forma que se pueda hacer una *réplica* de los planos tomados a mano pero con los datos tridimensionales. Con esta opción, se minimiza bastante el error humano, ya que el excavador no necesita localizar el norte, ni los ejes de las piezas, ni su pendiente, ni preocuparse de si dibuja mejor o peor. La implicación del excavador, en este caso, se centraría en conocer la importancia de tomar con exactitud los puntos alrededor de la pieza a registrar.

- b. Registrar los ejes mayores y menores de las piezas con dos puntos de estación en cada uno de los casos (McPherron, 2005). De esta forma, se tendrá de forma bastante sencilla y esquemática toda la información útil a la hora de trabajar con orientaciones y pendientes. No obstante, la definición de los ejes es una elección visual momentánea, por lo que no podrá ser contrastada ni repetida después de la excavación. Además, este sistema es más complicado cuando se trata de objetos grandes y de formas irregulares, ya que la identificación de los ejes puede ser dificultosa (en este caso, es mejor tomar la primera opción y luego en el laboratorio hacer el filtrado de datos con tranquilidad).
- c. Basar el dibujo de las piezas en fotografías, con algunos puntos de estación tomados alrededor de la pieza que permitan georreferenciar dichas fotografías. Este método permite cartografiar las piezas en planta con gran precisión.

El cálculo de orientaciones a partir de dibujos y fotos permite calcular matemáticamente los ejes de las piezas según varios criterios replicables. Las orientaciones pueden ser establecidas con resoluciones decimales, cuya precisión dependerá de la calidad del mapa o dibujo. Puesto que los planos carecen de datos de cota (Z), no se pueden calcular las pendientes, por lo que el cálculo de orientaciones queda restringido a variables axiales con variabilidad 0-180°.

En este punto, una cuestión más a considerar es cómo dibujar la pieza, ya que es muy común indicar que el dibujo ha de hacerse desde un plano cenital, es decir: un punto de vista perpendicular respecto a la pieza. Esto es un problema cuando tratamos piezas de gran tamaño, ya que se pueden tener huesos enormes situados verticalmente pero sólo se dibuja lo que se ve *desde arriba*, dejando la mayor parte de la pieza sin información y por tanto falseando los datos. En este caso, ni se da información del tamaño de la pieza, ni de su orientación real, ni mucho menos de su pendiente (por mucho que se anote en un cuaderno que se encuentra “vertical”). Llegado este punto es importante recalcar, aunque pueda parecer baladí, que las piezas han de ser registradas cuando están completamente excavadas.

- 4. Basar el cálculo de orientaciones y pendientes en restituciones 3D de las piezas, realizadas in situ. Estos trabajos pueden realizarse con escáneres láser o fotogrametría. Los modelos 3D pueden georreferenciarse con el resto de elementos mediante escasos puntos de referencia tomados con la estación total. Estos métodos permiten disponer de la posición de la pieza en 3D con precisión milimétrica, así como definir la pendiente y la

orientación matemáticamente mediante métodos replicables Este método requiere de un mayor esfuerzo de procesamiento de datos y un elevado consumo de tiempo.

### 3.7.1.2. *Tamaño muestral*

Como en cualquier trabajo relacionado con estadística, un elemento clave es el tamaño de la muestra. Debido a que desde hace unos años se está prestando más atención a estos estudios sobre los procesos que han participado en la formación de los yacimientos, se ha ido poniendo el foco de atención sobre la importancia de tener una buena muestra, no sólo desde el punto de vista de cantidad sino de calidad de datos. Han sido varios los autores que han planteado cuál sería la muestra adecuada para este tipo de estudios, como Neudorf et al. (2015) que plantea que unas 35 mediciones son suficientes para obtener resultados robustos en la aplicación de eigenestadística (más adelante se explicarán los conceptos de eigenvectores y eigenvalores). Por otra parte, Lenoble and Bertran (2004), quienes aplican 3 sets de datos para calcular la solidez de la dirección dominante del conjunto (*Vector Magnitude*), apuntan que los cálculos se estabilizan con unos 40-50 restos (muestras). El hecho de que el tamaño muestral sea en parte una función de la distribución de orientaciones en el conjunto ha sido enfatizado por Ringrose and Benn (1997) y Benn and Ringrose (2001), quienes afirman que son necesarias 50 observaciones como mínimo para llegar a alguna conclusión acerca de las orientaciones (McPherron, 2018).

En la presente tesis doctoral, el tamaño muestral con el que se ha trabajado es bastante amplio en cuanto al conjunto de restos analizados. Sin embargo, la cantidad varía cuando se aplican análisis más específicos, como en el caso de Aranbaltza para el análisis de fábricas. En Ambrona, se ha trabajado con un total de 4417 restos de fauna y más de 3577 restos líticos, mientras que en Amalda se ha contado con 1159 restos de industria lítica analizada y 813 restos de fauna identificable (más 4624 restos de fauna clasificada como “no-identificable”). En el caso de Aranbaltza, no hay restos de fauna, pero el total del conjunto lítico asciende a 5414 restos.

### 3.7.2. **Análisis de orientaciones**

El procesado de datos para el análisis de las orientaciones de los materiales a partir de planos se ha hecho combinando herramientas SIG (ArcGIS) y cálculos estadísticos (Oriana, Stereo 32). Como ya se ha comentado, estos métodos permiten estimar la orientación de la pieza utilizando variables axiales 0-180°, ya que los planos carecen de valores de Z. Los paquetes de herramientas disponibles en los Sistemas de Información Geográfica permiten realizar cálculos geométricos para la identificación del eje principal de las piezas según diferentes criterios. Posteriormente, se analizan las orientaciones de los materiales en función de los

ejes previamente identificados. En este trabajo, se han estimado los ejes mayores de las piezas (huesos sobre todo) teniendo en cuenta varios criterios (Fig. 3.8), como los definidos en el trabajo presentado por De la Torre and Benito-Calvo (2013):

- D (*polygon diameter*): Este eje es el más adecuado para estimar la dirección de elongamiento de elementos con una forma irregular, ya que considera el eje mayor de la pieza entre los dos puntos más diametralmente opuestos. La longitud y la anchura son estimados desde el diámetro del polígono, y son usados para calcular el índice de elongación ( $I_e$ ) de la pieza ( $I_e = A\text{-axis}/B\text{-axis}$ ).
- MBR (*minimum bounding rectangle*): Esta herramienta genera un rectángulo envolvente de la mínima dimensión posible que contenga el elemento de entrada. Aunque existen otras geometrías envolventes, en este trabajo se ha empleado la opción de rectángulo para enmarcar los elementos de estudio (huesos), ya que es geoméricamente más adecuado para definir la orientación de las piezas. Una vez generados los rectángulos envolventes, la orientación del eje mayor de la pieza corresponde a la orientación del lado más largo del rectángulo. Este método es muy útil para integrar en la medida de la orientación formas irregulares y elementos elongados simétricos que pueden rodar (como las diáfisis de los huesos o fragmentos de hueso cilíndricos). Además de la orientación, MBR también proporciona la anchura, longitud y elongación de las piezas, que se obtienen a partir de las dimensiones y forma del rectángulo.
- PMA (*polygon main angle*): Este método calcula el ángulo dominante de un polígono, como el ángulo definido por el segmento más largo contenido en el perímetro de la pieza. Este sistema es el menos utilizado y no resulta muy adecuado para elementos con formas irregulares.

Estos tres métodos permiten una estimación de los índices de elongación y su contraste a partir de valores independientes, además de ser bastante precisos para el cálculo de la orientación teniendo en cuenta el tamaño y la forma de los materiales (algo muy destacable en arqueología, donde los elementos de estudio no suelen tener formas regulares). Estudios previos han demostrado que las fábricas son muy dependientes del ratio de elongación (longitud/anchura) de los materiales (Drake, 1974), por lo que el valor mínimo para identificar patrones de orientación ha sido propuesto en índices de elongación ( $I_e$ ) >1,6 (Bertran and Lenoble, 2002; Lenoble and Bertran, 2004). Además, es recomendable que los materiales sean mayores de 2 cm para poder ser considerados en los análisis que se van a realizar para definir los patrones de formación de los yacimientos.

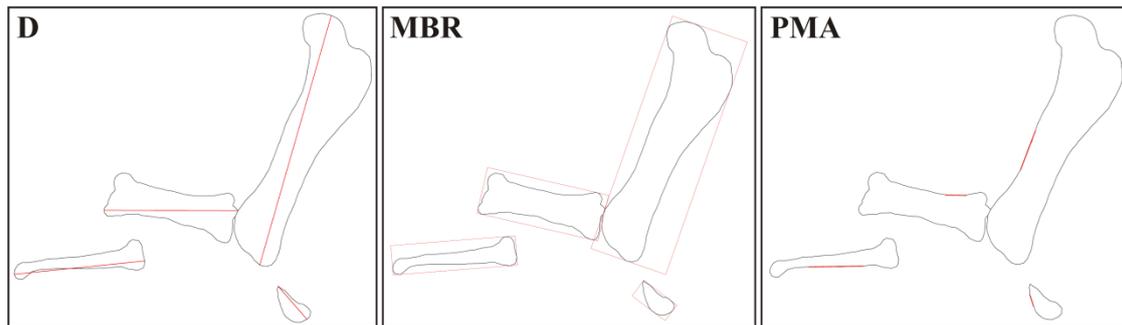


Figura 3.7.1: Ejemplo del cálculo de los tres criterios más comunes para definir el eje mayor de las piezas.

*Figure 3.7.1: Example of the calculation of the three most common criteria used for defining the major axis of the pieces.*

A continuación, los ángulos definidos por estos ejes son procesados estadísticamente para obtener los histogramas de distribución de la variable angular, su estadística descriptiva y detectar la presencia de orientaciones preferentes mediante test estadísticos. Para ello, se ha empleado el software Oriana, que permite la representación circular de los datos (rosetas) y el cálculo de diferentes estadísticos (longitud media del vector, intervalos de confianza, Rayleigh, Kuiper, etc.). Cada uno de estos valores nos proporciona información acerca de la orientación de los materiales y la validez de los datos. En este trabajo nos hemos centrado en el vector medio, la longitud media del vector, el parámetro de concentración  $k$  y la desviación estándar circular, así como en la aplicación de los test de Rayleigh y de Kuiper. Estos test permiten probar la uniformidad de los valores contra patrones unimodales y multimodales, considerando los ángulos tanto acimutales ( $0-360^\circ$ ) como axiales ( $0-180^\circ$ ) para comparar los resultados. Existen otros test de tipo ómnibus (e.g. test de Rao and Whatson), pero en la mayoría de los casos resultan redundantes respecto a los resultados que se pueden obtener con el test de Kuiper. El cálculo de la longitud media del vector permite conocer el grado de agrupación de los datos, considerando los valores cercanos a 0 como débilmente agrupados y los próximos a 1 como muy agrupados (McPherron, 2005).

### 3.7.2.1. Aplicación a yacimientos paleolíticos

Esta metodología de análisis sólo pudo aplicarse a los yacimientos de Ambrona (Sánchez-Romero, 2016) y Aranbaltza. En el caso de Amalda no hay dibujos ni datos de estación que indiquen los ejes de las piezas, sino sólo los puntos de las piezas que contienen información X, Y, Z, y los niveles descritos en la monografía (Altuna, 1990).

Los datos con los que se ha trabajado en Ambrona tienen dos procedencias: por una parte, los planos tomados en campo con estación total durante los trabajos desarrollados por el equipo S&PG entre los años 1993 a 2000, de los que se

disponían de puntos en todo el contorno de los huesos más grandes y puntos únicos para los restos más pequeños o la industria; y por otra, los recuperados en el HERC procedentes de las excavaciones del equipo de H&F (años 60 y 80), sin información espacial más allá de la ubicación en la cuadrícula.

Los tres parámetros definidos (D, MBR, PMA) fueron calculados en cada uno de los polígonos que representan un elemento arqueológico (en este caso, huesos), permitiendo estudiar los patrones de orientación de cada una de las piezas para inferir la acción de los procesos naturales sobre los conjuntos arqueopaleontológicos. Se seleccionaron las piezas con un índice de elongación de  $> 1,6$  (Bertran and Lenoble, 2002) y aquellos restos mayores de 2 cm. De esta forma, 981 de los 3.330 restos de fauna digitalizados y medidos estuvieron sujetos al análisis de orientación, incluyendo defensas, cráneos, huesos largos, pelvis y mandíbulas. Los ángulos axiales de todos los materiales fueron proyectados en histogramas circulares (rosetas), manteniendo el norte en la parte superior como referencia espacial. Se aplicaron los test de Rayleigh y Kuiper para diferenciar las distribuciones isótropas (uniformes) de los patrones unimodales, bimodales y multimodales (Fisher, 1995; Benito-Calvo and De la Torre, 2011; Walter and Trauth, 2013; García-Moreno et al., 2016).

Hay que destacar que también se ha contado con los datos del escaneado láser 3D que se llevó a cabo en el Museo in situ de Ambrona (agosto 2014), puntos que nos sirvieron para tener datos de esta zona del yacimiento y poder llevar a cabo la interpolación de la paleosuperficie de Ambrona.

Respecto a los datos de Aranbaltza, se ha contado con un total de 99 restos con información X, Y, Z tomada con estación total para la delimitación de su eje mayor. Tras la aplicación de diferentes análisis y herramientas para la identificación de las acumulaciones estadísticamente significativas, se definieron una serie de conjuntos que fueron analizados en mayor profundidad. El cálculo de los valores de pendiente y orientación acimutal se llevó a cabo a partir de una serie de cálculos trigonométricos por los que se calcula el eje mayor de cada pieza, en base a las coordenadas tomadas con estación total. Teniendo en cuenta los valores X e Y, así como el valor de Z asociado a cada uno de los puntos, se ha calculado el eje según el ángulo acimutal (0-360°) manteniendo el valor de cota de cada uno de los puntos que delimitan el eje principal. De esta forma, ha sido posible realizar una proyección tridimensional de las fábricas, además de poder contar con la información de las proyecciones tanto acimutales como axiales.

### **3.7.3. Análisis tridimensional de fábricas**

Para calcular las fábricas tridimensionales son necesarios los datos de pendiente y de orientación. Con ambos valores se aplica el método de los vectores propios, obteniendo los valores propios S1, S2 y S3. A partir de ellos, se calculan los índices

de las fábricas que permiten su proyección en el *triángulo de fábricas* (Benn, 1994; Bertran and Lenoble, 2002; Benito-Calvo et al., 2009, 2010). Este método, también conocido como Método de los Eigenvectores (Woodcock, 1977; Benn, 1994; Benn and Ringrose, 2001; Lenoble and Bertran, 2004; McPherron, 2005; Lenoble et al., 2008), simplifica el conjunto de medidas en este tipo de representación gráfica triangular, donde se representa la variación continua de la forma de las fábricas (Graham and Midgley, 2000). Estos valores se encuentran delimitados por los tres vértices que representan las fábricas isotrópicas, planares y lineales (Fig. 3.7.2). La suma de los vectores propios (1, 2 y 3) siempre es igual a 1 y su distribución es la que indicará el tipo de fábrica de esos materiales. La relación de los eigenvalores hace posible diferenciar las distribuciones cuyos materiales se encuentren desorganizados (isótropas), depositados de forma plana en el plano de estratificación (planar), o muestren una orientación preferencial a lo largo de una dirección particular que normalmente coincide con la pendiente (linear) (Lenoble and Bertran, 2004; Benito-Calvo et al., 2009) (Fig. 3.7.2).

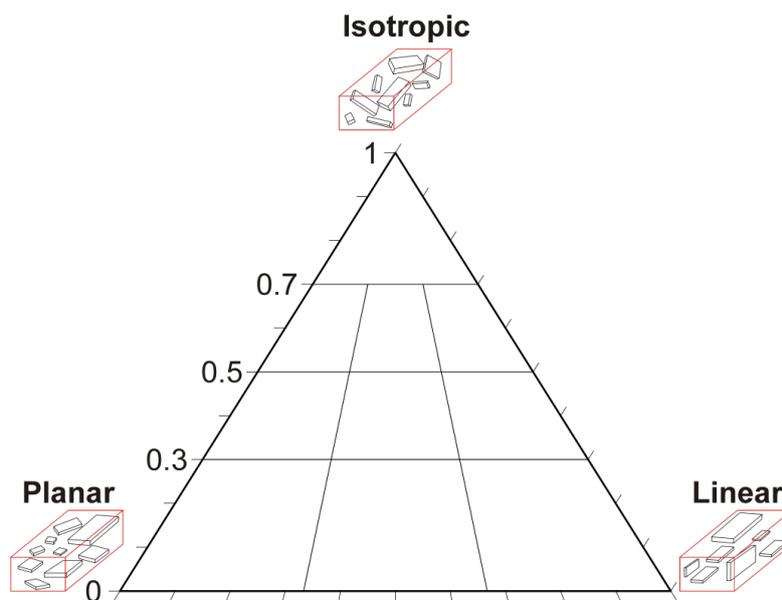


Figura 3.7.2: Triángulo de fábricas donde se muestra la clasificación de los materiales en función de la correlación de los datos de orientación y de pendiente (modificado de Lenoble and Bertran, 2004).

*Figure 3.7.2: Fabric triangle where the classification of materials according to the correlation between the orientation data and slope is showed (modified from Lenoble and Bertran, 2004).*

En este trabajo, el diagrama triangular utilizado corresponde al triángulo de Sneed and Folk (1958), el cual ha resultado ser un método muy eficaz para la representación de este tipo de datos al emplear los ratios de tres ejes ortogonales (Graham and Midgley, 2000). Cuando el primer eigenvalor muestra un valor alto y los otros dos un valor bajo, se considera que la fábrica es lineal, es decir: todos los materiales apuntan a una misma dirección; si los dos primeros eigenvalores tienen

valores similares y el tercero tiene un valor bajo se considera que es planar, esto es que los materiales se encuentran aleatoriamente distribuidos en un plano; y si todos los eigenvalores son prácticamente iguales es que se trata de una distribución isotrópica, por lo que los materiales se encuentran distribuidos en las tres dimensiones y no hay una dirección preferida (McPherron, 2018).

### 3.7.3.1. Aplicación a yacimientos paleolíticos

En este caso, el análisis tridimensional de las fábricas se ha llevado a cabo con los datos de Aranbaltza II, ya que es el único de los yacimientos analizados que contaba con la información necesaria para poder llevar a cabo este tipo de cálculos (Fig. 3.7.3). Aunque en Ambrona también se tenían datos de las orientaciones, no se disponían de datos relacionados con la cota que permitieran realizar un cálculo tridimensional de las fábricas.

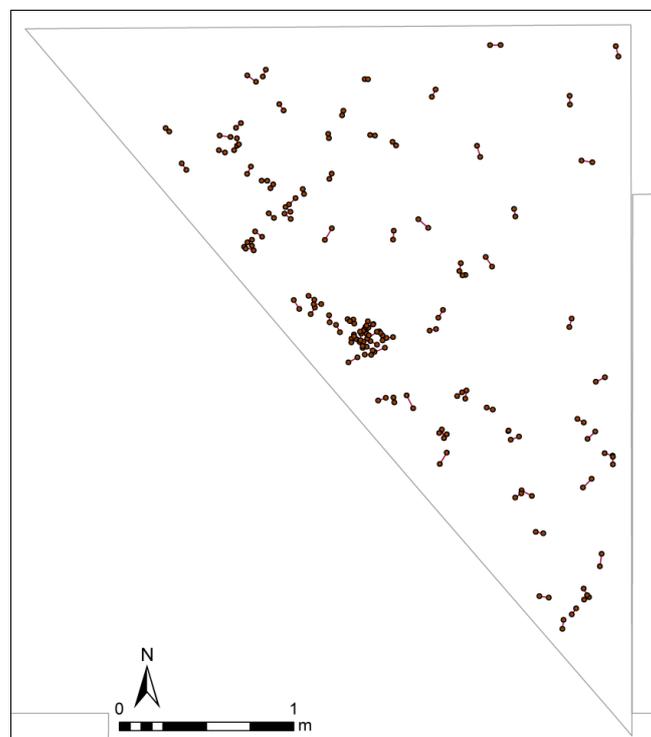


Figura 3.7.3: Planta de Aranbaltza II donde se muestran los 99 ejes disponibles para el estudio de fábricas.

*Figure 3.7.3: Aranbaltza II map with the 99 axis available for the study of fabrics.*

El objetivo de la aplicación de este método en el yacimiento de Aranbaltza es la cuantificación e individualización a partir de datos espaciales de los procesos que han intervenido en la formación del yacimiento y el grado de afectación sobre los materiales arqueológicos.

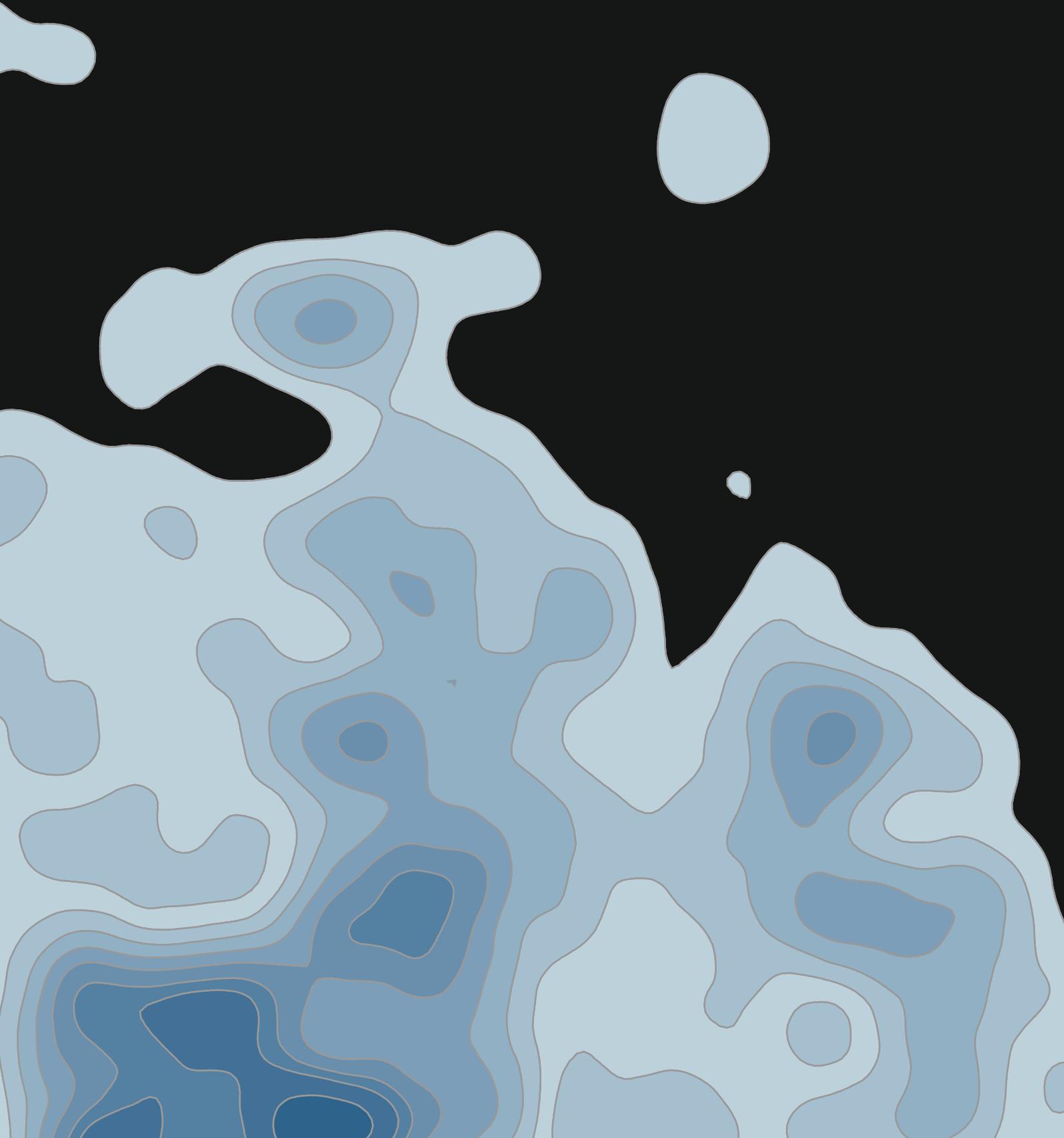
Los datos obtenidos a partir del registro con estación total del eje mayor de las piezas han sido necesarios para calcular la orientación y la pendiente de cada una de las piezas. Estos valores han permitido conocer la relación entre la orientación y

la pendiente de las piezas respecto al plano estratigráfico sobre el que se encuentran depositadas, y proyectar tridimensionalmente esta correlación a través del cálculo de los eigenvalues. La proyección de estos valores en el triángulo de fábricas ha permitido comparar las características de las diferentes acumulaciones identificadas, pudiendo de esta forma conocer y cuantificar los procesos que han intervenido en la formación del yacimiento.



4

# Resultados





En el presente apartado se exponen los resultados obtenidos tras la aplicación de los diferentes métodos de análisis explicados en el capítulo correspondiente a la metodología. La organización de esta sección se ha hecho en función de los yacimientos con los que se ha trabajado, exponiendo los resultados de cada yacimiento en función de la cronología de cada uno, siendo primero Ambrona y el último Aranbaltza. De esta forma, se sigue una lógica en la ordenación de los resultados según el tipo de yacimiento y permite una comparación más sencilla de los métodos de análisis empleados para cada uno.

#### **4.1. Ambrona**

Los diferentes estudios que se han llevado a cabo con los datos disponibles de Ambrona, tanto los recopilados durante la estancia en la F. Clark Howell Library del Human Evolution Research Center (HERC), Universidad de California en Berkeley, como los generados durante las campañas del equipo de S&PG, han arrojado una serie de resultados muy interesantes. El trabajo con las secciones elaboradas por el equipo de H&F y su correlación con la estratigrafía actual ha posibilitado, por primera vez, una normalización de ambas descripciones estratigráficas y homogeneizar los niveles descritos por unos y otros. Desde hace muchos años se intentaba entender la clasificación estratigráfica hecha durante los trabajos de H&F (Butzer, 1965; Howell et al., 1995), pero el acceso a la documentación del HERC ha permitido que por fin esa equiparación sea una realidad y se pueda hacer una unión de ambas estratigrafías. De hecho, esta normalización permitirá extender los trabajos ya desarrollados con la documentación del actual equipo de investigación, pudiendo profundizar en los procesos de formación del yacimiento de Ambrona en aquellas zonas donde hasta hace poco apenas se tenía información de este tipo. Este conocimiento profundo de la estratigrafía de Ambrona ha permitido ir un paso más allá, reconstruyendo la paleotopografía de los niveles estratigráficos, identificando las grandes concentraciones de material y analizando los patrones de dispersión de dichas acumulaciones.

##### **4.1.1. Tratamiento de los datos inéditos de Ambrona**

Los datos empleados en este trabajo proceden, en su mayor parte, de documentación inédita. Por una parte, la estancia en el HERC permitió la recuperación de una gran cantidad de información que ha resultado clave para el desarrollo de esta tesis doctoral, ya que ha permitido la generación de una base de datos propia y el posterior análisis espacial de Ambrona integrando todos los datos de todas las excavaciones llevadas a cabo en el yacimiento. Por otra parte, el tratamiento de los datos de las secciones estratigráficas elaboradas durante los años 90 y 2000, los cuales solo estaban disponibles en papel, sin posibilidad de acceso a los datos brutos tomados con estación total. Estos datos han sido la base para la reconstrucción paleogeográfica de las diferentes unidades de Ambrona.

#### 4.1.1.1. Procesado de los planos de distribución de las excavaciones de H&F

La información relativa a la distribución en planta de los materiales de Ambrona procede de dos fuentes distintas: los datos documentados en campo durante los años 1993 a 2000 por el equipo de Santonja y Pérez-González (S&PG); y los datos recopilados por el equipo de F. C. Howell y L. Freeman (H&F), que inicialmente solo estaban integrados por los datos publicados (Howell 1963 and 1965; Aguirre, 1989). Los planos disponibles de H&F fueron georreferenciados según el sistema de coordenadas de las excavaciones más recientes, de forma que pudieran quedar integrados con los datos modernos del equipo de S&PG. Con este trabajo, se pudo comprobar que uno de los planos fue mal publicado, siendo su orientación errónea con respecto al conjunto del yacimiento (Aguirre, 1989). Este plano fue reincorporado, pero esta vez utilizando como referencia uno de los mapas recuperados del HERC. Entre la información publicada, correspondiente a las excavaciones llevadas a cabo durante los años 60 y 80, había muchas zonas vacías de información. Estos espacios sin información pudieron ser completados gracias a la estancia realizada en el HERC. Durante esta estancia se tuvo acceso a todos los datos con información espacial relativa a los trabajos que F. C. Howell desarrolló en Ambrona y Torralba, tanto la publicada como la no publicada. De esta forma, fue posible recuperar 35 mapas de distribución de materiales y secciones estratigráficas detalladas que no habían sido publicados. Todo este material fue inventariado y fotografiado, ya que no había disponibilidad de acceso a escáner y los planos eran increíblemente grandes. La integración de todo este material fue muy costosa, ya que los planos tenían como única referencia la cuadrícula que se planteó en aquella época. Esta cuadrícula no fue constante en los años de excavación, sino que cambiaba según los periodos en los que se intervenía en el yacimiento (Fig. 4.1.1). Debido a esto, hay algunos descuadres al realizar la conversión al sistema de coordenadas actual, sobre todo hacia el este del área excavada donde la cuadrícula no era recta.

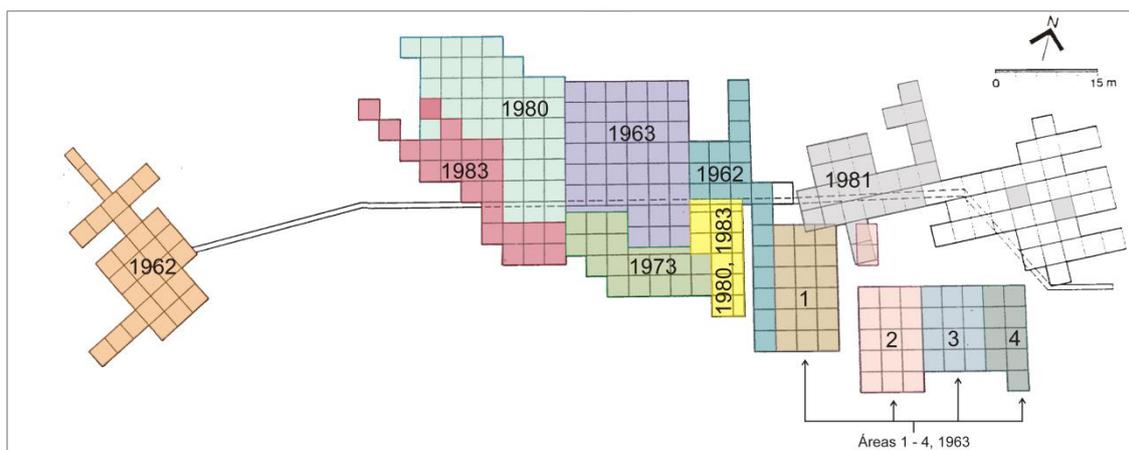


Figura 4.1.1: Cuadrícula total de Ambrona planteada según el periodo de excavación en el yacimiento por el equipo H&F. La composición de este plano de las áreas excavadas ha podido

realizarse a partir de las anotaciones de F. C. Howell de uno de sus cuadernos recuperados en el HERC.

Figure 4.1.1: Total grid of Ambrona according to the excavation phases during the intervention of H&F team. The composition of this map has been possible from the F. C. Howell notebooks recovered in the HERC.

La georreferenciación de estos planos se hizo en base a una cuadrícula adaptada a todo el área excavada y que englobaba tanto las excavaciones de S&PG como las de H&F. Esta adaptación fue muy importante, ya que permitía dar una coherencia espacial al conjunto excavado. No sólo se empleó como base esta cuadrícula (la cual, a su vez, se realizó según las zonas excavadas durante los 90 y 2000), sino también los elementos actualmente conservados *in situ*, como los dos museos que se encuentran actualmente en Ambrona (el edificio que alberga el Museo *in situ* y el edificio donde se encuentra la exposición de algunos de los materiales recuperados en el yacimiento). Con todas estas referencias, se georreferenciaron los 35 planos y las secciones estratigráficas, para posteriormente vectorizar cada uno de los elementos que aparecían en todos los mapas y secciones. La vectorización de los mapas ráster se hizo con ArcGIS 10.3, dibujando con *polylines* los materiales de los planos y transformándolos posteriormente en *polygons* (Benito-Calvo and De la Torre, 2011) (Fig.4.1.2).

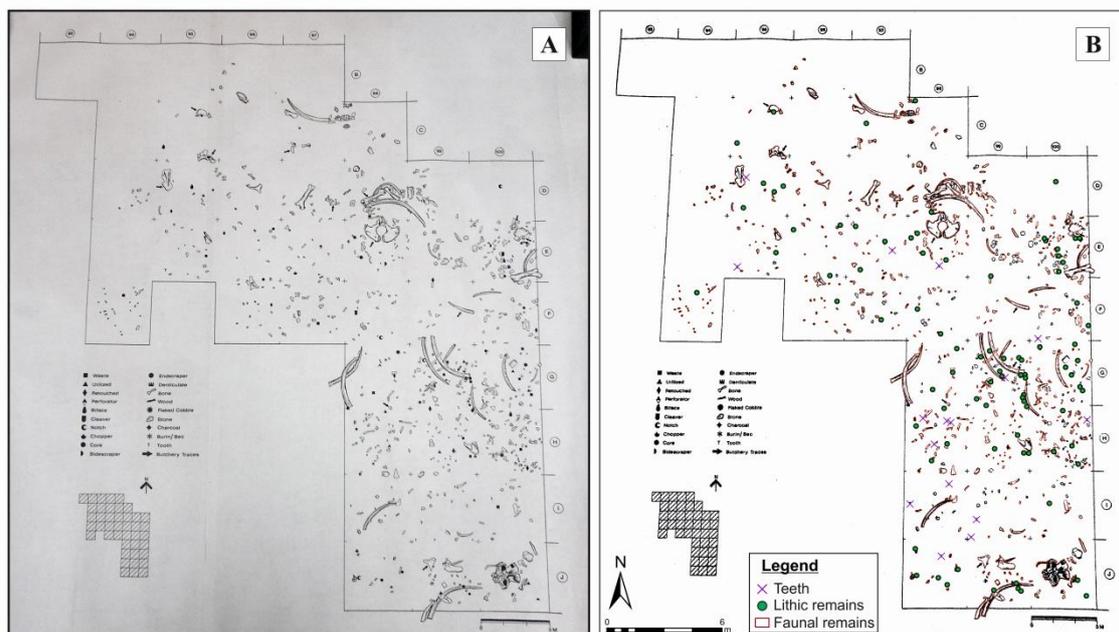


Figura 4.1.2: A) Ejemplo de uno de los planos de distribución de material recuperado del HERC. B) Georreferenciación y dibujo de los diferentes materiales.

Figure 4.1.2: A) One of the distribution maps recovered from the HERC. B) Georeferencing and drawing of the different materials contained in the distribution map.

De esta forma, fueron vectorizados 3019 restos de fauna que, sumados a los materiales documentados durante las excavaciones de S&PG, supusieron un total de 4417 restos de fauna y 3577 restos líticos, los cuales fueron incorporados a la base de datos (Sánchez-Romero et al., 2016) (Fig. 4.1.3, Fig. 4.1.4 y Anexo I). Todos estos planos no tenían ningún tipo de referencia estratigráfica, por lo que

inicialmente no se pudo determinar a qué unidad pertenecían. Para solventar esta limitación, las secciones estratigráficas recuperadas también fueron digitalizadas y georreferenciadas, con el objetivo de situarlas espacialmente y comenzar a trabajar en la correlación de los materiales con su unidad estratigráfica correspondiente. En el apartado 4.2.3 de este capítulo se ahonda en cómo se ha realizado la correlación estratigráfica entre los niveles identificados por el equipo H&F y la estratigrafía actual, así como la adscripción estratigráfica de los materiales en cada una de las unidades estratigráficas.

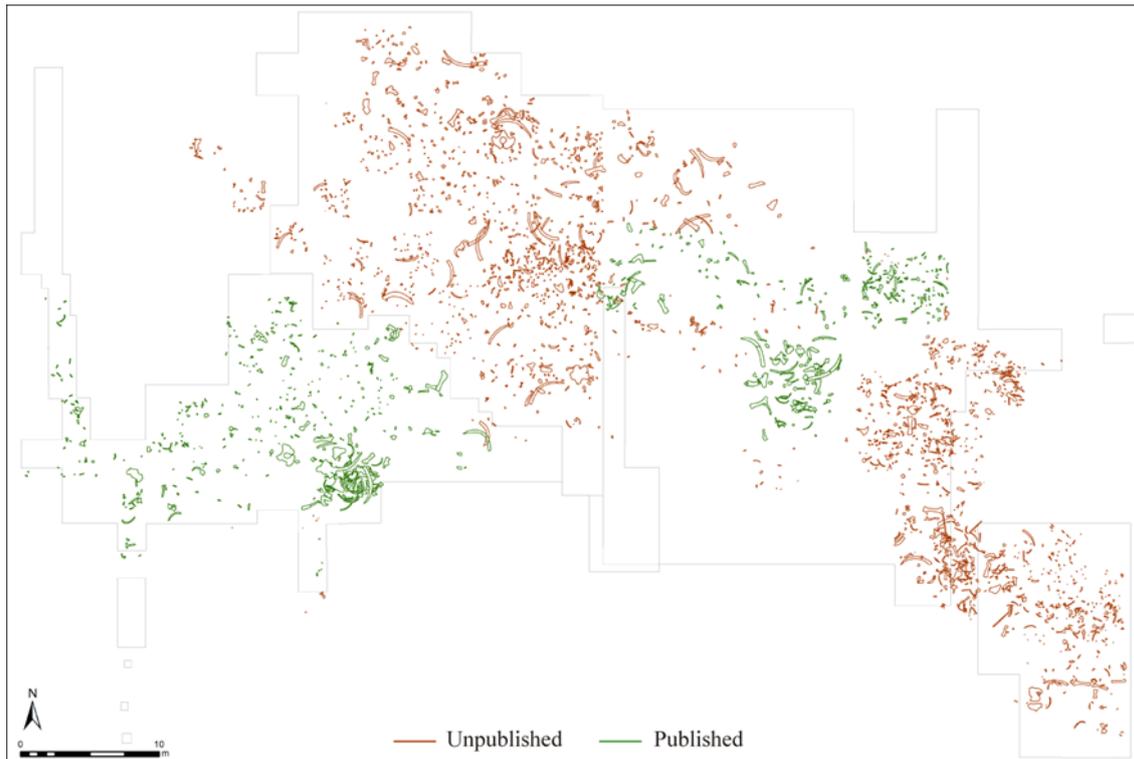


Figura 4.1.3: Planta de Ambrona de la zona donde se centra el estudio con todos los restos óseos actualmente conocidos gracias a la integración de toda la información recuperada de la F. Clark Howell Library (Human Evolution Research Center, HERC) con los datos ya publicados (Sánchez-Romero et al., 2016). Ver Anexo I.

*Figure 4.1.3: Map of the zone where this study is focused in Ambrona with all the faunal remains currently known thanks to the incorporation of all the information recovered from the F. Clark Howell Library (Human Evolution Research Center, HERC) together with the published data (Sánchez-Romero et al., 2016). See Anexo I.*

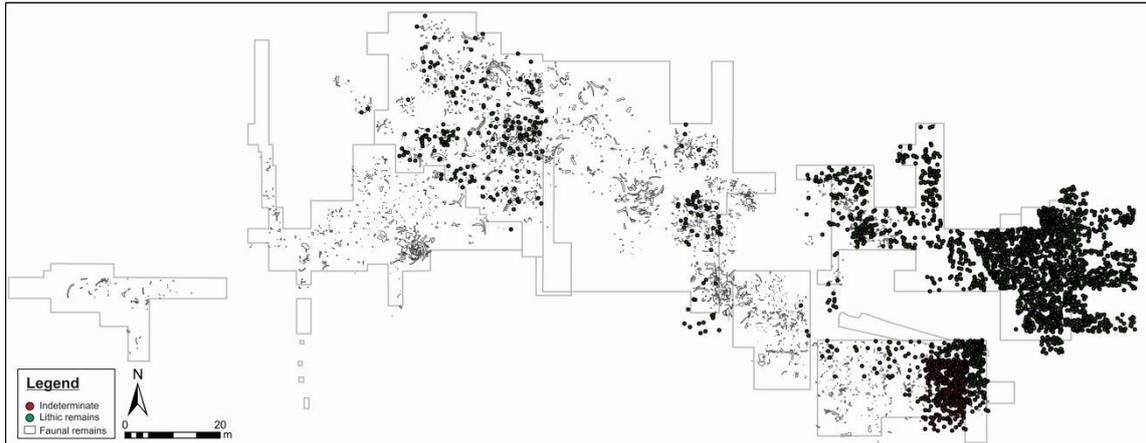


Figura 4.1.4: Planta completa de Ambrona, con toda la información espacial integrada: fauna, lítica e indeterminados. Ver Anexo I.

*Figure 4.1.1: Ambrona whole map, with all the spatial information added: fauna, lithics and undetermined remains. See Anexo I.*

#### 4.1.1.2. Tratamiento de los datos de las secciones estratigráficas

Los 400 m lineales de secciones estratigráficas detalladas elaboradas durante los años 90 y 2000 (Fase III) se encontraban íntegramente en papel, sin posibilidad de acceso a los datos brutos obtenidos en su momento, por lo que el tratamiento de los datos tuvo que hacerse georreferenciando dichas secciones y marcando los puntos que en su momento fueron tomados con estación total, los cuales delimitaban los niveles y cambios de facies de las unidades de Ambrona (Fig. 4.1.5). Estas secciones tenían las referencias de X, Y, Z escritas, por lo que se pudieron georreferenciar y dibujar, creando de esta forma una base de datos con los puntos tomados en campo que delimitaban los diferentes niveles estratigráficos. Con estos puntos ya se podía proceder a la interpolación de las superficies de Ambrona en base a los datos de las secciones estratigráficas. Las superficies que se interpolaron fueron los contactos estratigráficos correspondientes a la base (muro) del nivel. De esta forma, se pudieron interpolar todas las superficies de las unidades de Ambrona, desde el Keuper hasta AS6, tal y como se verá más adelante en el apartado correspondiente de este capítulo de Resultados.

Además de los datos obtenidos de las secciones estratigráficas, se llevó a cabo el escaneo 3D del Museo *in situ* en agosto de 2013. Con el escáner láser 3D C10 de Leica del Laboratorio de Cartografía Digital y Análisis 3D del CENIEH se escaneó toda la superficie del museo, de forma que se pudieron obtener no sólo todos los datos relacionados con los niveles identificados en esta zona del yacimiento, sino también la disposición de los materiales y su situación en el contexto general del yacimiento. Estos datos permitieron la incorporación de esta zona del yacimiento a la interpolación de puntos para la paleosuperficie de AS1 y AS3. A partir de esta

nube de puntos generada con el escáner 3D, se llevó a cabo un modelado 3D para elaborar una reproducción tridimensional del Museo *in situ*. El procesado de estos datos se hizo con el software 3D-Reshaper, con el que se limpió la nube de puntos y se llevó a cabo la creación de la malla 3D. Debido a que se trata de una superficie muy irregular, se tuvieron que rellenar los huecos resultantes del espacio entre los huesos de gran tamaño de forma detallada y no automática, para que las curvas y formas de los huesos se mantuvieran con la mayor precisión posible.

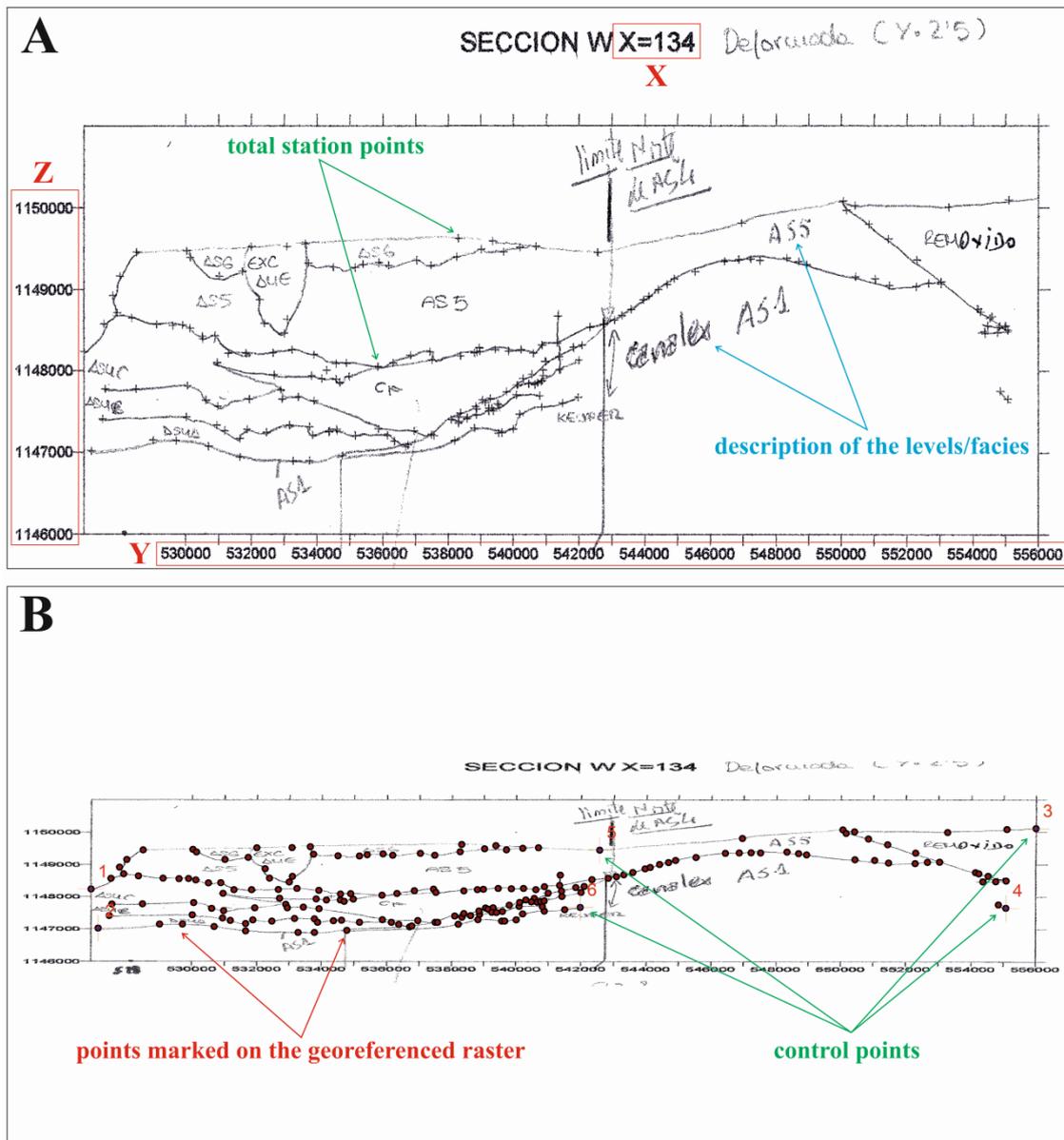


Figura 4.1.5: A) Ejemplo de sección realizada en las excavaciones de S&PG durante los años 90 y 2000, con los puntos tomados con estación total delimitando las unidades estratigráficas, cambios de facies y los límites de la excavación de Howell identificados en campo. B) Sección georreferenciada, donde se pueden ver las cruces que indican los puntos georreferenciados y los puntos marcados tomados con estación total en su momento.

Figure 4.1.5: A) Example of a stratigraphic section made during the S&PG excavations in 1990s and 2000, with the points taken by total station delimiting the stratigraphic units, facies and the limits of

*the Howell's excavations identified in field. B) Georeferenced section, where it is possible to see the crosses indicating the georeferenced points and the points taken by total station.*

El año siguiente se realizó la fotogrametría del Museo *in situ*. Se hicieron un total de 646 fotografías con dos cámaras diferentes (Canon Powershot G10 y Nikon), las cuales se procesaron con el software Agisoft Photoscan. Este método de trabajo resultó mucho mejor para el caso del Museo *in situ*, ya que permitió conservar las texturas de los materiales en su modelo 3D y abarcar toda la zona sin dificultad. Esto es algo que con el escáner no se realizó (de ahí la existencia de los huecos anteriormente mencionados) debido al gran tamaño del escáner y a las patas del trípode, que no permiten situarlo en zonas tan complejas y delicadas como las del Museo *in situ*. Con la fotogrametría se pudo modelizar toda la superficie, incluso las zonas más complejas y aquellas que quedaron ocultas tras el escaneo, ya que se encuentran debajo de la pasarela del museo y resultan imposibles de escanear. Se hizo una animación de este modelo y fue utilizado en la exposición “*Elefantes y humanos en el Pleistoceno de Soria. Centenario de las excavaciones del Marqués de Cerralbo en Ambrona, 1904-2014*” celebrada en el CENIEH entre el 7 de noviembre y el 4 de diciembre de 2014.

#### **4.1.2. Reconstrucción de las paleosuperficies de Ambrona**

Todas las secciones estratigráficas elaboradas durante los trabajos de excavación de los años 90 y 2000 fueron recopiladas, ordenadas y digitalizadas (ver capítulo 3). Los más de 400 m lineales de estratigrafías detalladas, que nunca se llegaron a publicar, se encontraban en papel y contenían información muy detallada. Los puntos que delimitaban los niveles, facies, subniveles, etc. fueron tomados con estación total, por lo que el nivel de precisión era bastante alto. Todos estos datos permitían ver con claridad los cambios y procesos que habían participado en la formación del depósito de Ambrona, pero no se encontraban en un formato manejable que permitiera trabajar con ellos. De esta forma, fue necesario su escaneo y georreferenciación según el sistema de coordenadas usado actualmente en Ambrona. Los vértices de las secciones (puntos de estación total) se digitalizaron y transformaron en *polylines*, las cuales fueron clasificadas en función del contacto estratigráfico que representaban. Las coordenadas XYZ de los vértices de las *polylines* fueron empleadas para interpolar la paleotopografía de los contactos estratigráficos. La interpolación se llevó a cabo con el método geoestadístico de kriging de interpolación geoestadística (ArcMap 10.2), seleccionando el método ordinario y un radio de 8 sectores (Fig. 4.1.6).

Como ya se ha comentado con anterioridad, estos trabajos se centraron en las secciones estratigráficas levantadas por el equipo S&PG en la zona central de Ambrona, en concreto en los niveles correspondientes a la Unidad Inferior de Ambrona. No obstante, es interesante destacar que también se georreferenciaron las secciones estratigráficas publicadas por Howell et al. (1963) en base al sistema actual de coordenadas de Ambrona. Un trabajo intenso con los nuevos datos

estratigráficos recuperados en el HERC permitiría cerrar los *vacíos de información* de las zonas periféricas no abordadas en el presente estudio, los cuales no posibilitaban la obtención de una superficie continua (o casi) que correlacionara unas zonas con otras (recordemos que el área excavada por el equipo H&F es muy extensa y las publicaciones relacionadas con la estratigrafía son muy escasas). Con la georreferenciación de estas secciones, ahora que se conocen al detalle las estratigrafías y se han conseguido correlacionar, se podría obtener una reconstrucción paleogeográfica de toda la extensión excavada de Ambrona, es decir: una reconstrucción de más de 3000 m<sup>2</sup>.

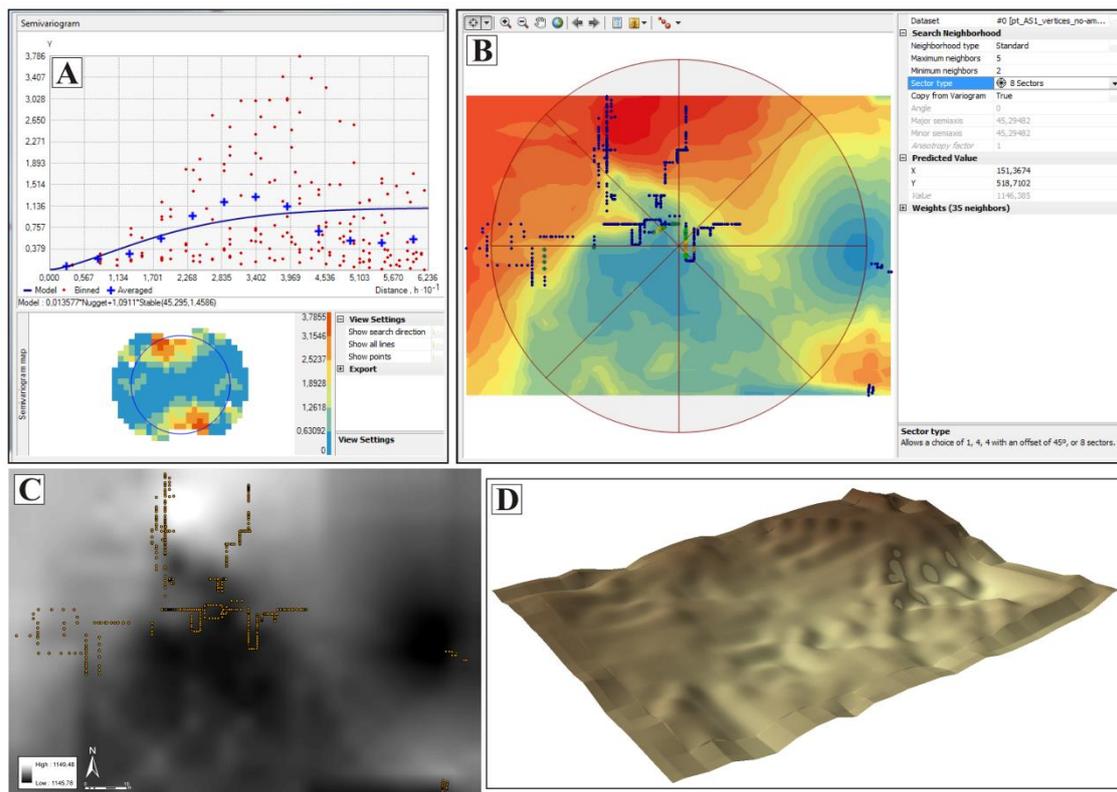


Figura 4.1.6: Proceso de interpolación de puntos con el método del kriging. A) Semiovariograma en el que se hace una proyección inicial de los datos proporcionados por la variable seleccionada. B) Ráster inicial según el tipo de división en sectores, grados y tipo de vecindad. C) Ráster resultante (ArcMap). D) Ráster proyectado 3D (ArcScene) donde se puede observar con mayor claridad el relieve de la superficie interpolada.

*Figure 4.1.6: Interpolation point process by kriging. A) Semiovariogram with the initial projection of the data provided by the selected variable. B) Initial raster according to the division of the sectors, degrees and neighborhood. C) Final raster (ArcMap). D) 3D projection of the raster (ArcScene) where it is possible to observe the interpolated surface with greater clarity.*

El resultado obtenido de la interpolación kriging ha sido la reconstrucción de todas las paleosuperficies de Ambrona, desde el Keuper hasta la unidad AS6. Este trabajo, en combinación con los datos obtenidos del escaneo del Museo *in situ*, ha permitido conocer las zonas más altas y bajas del paleorrelieve de las unidades donde se dan las mayores concentraciones de material, así como la evolución del paisaje a lo largo de las diferentes fases identificadas en el yacimiento. Tal y como

se puede ver en la Fig. 4.1.7, las paleosuperficies se van suavizando a medida que se avanza en el tiempo. La más accidentada es el techo del Keuper, aunque al estar compuesta en su mayoría por arcillas muy plásticas es posible que gran parte de dicho relieve se deba a la deformación del depósito. Sin embargo, se puede apreciar una gran gradualidad desde el techo de AS1 hasta el techo de AS6, siendo esta última la paleosuperficie más suave, y cuyo significado será discutido en el apartado de discusión. Esto podría deberse a la progresiva agradación que iría suavizando los paleorrelieves previos marcados por los dos cursos de drenaje que enmarcan Ambrona (Pérez-González et al., 1991; Pérez-González et al., 2005), los cuales son los principales responsables del aporte de materiales al yacimiento (Sánchez-Romero et al., 2016).

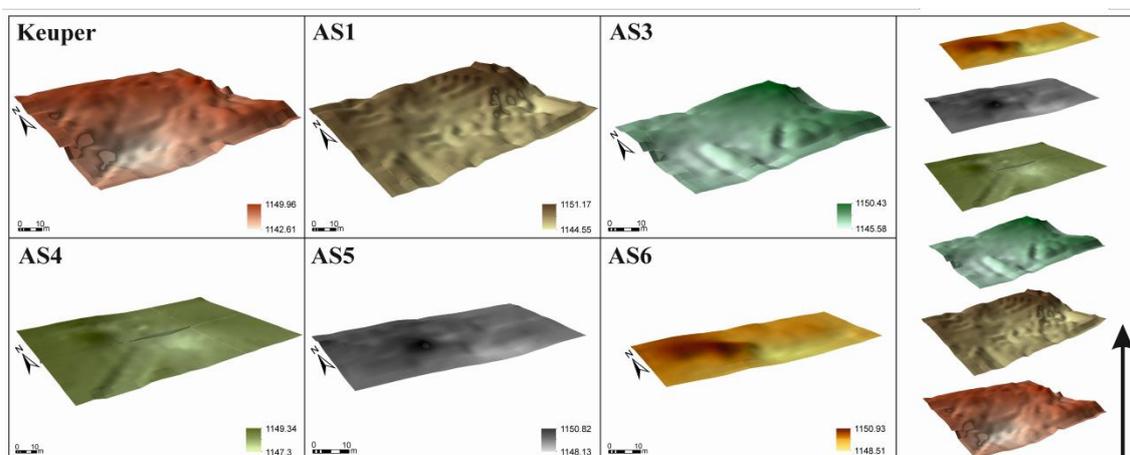


Figura 4.1.7: Paleosuperficies de las diferentes unidades de Ambrona, obtenidas a partir de la interpolación de los puntos extraídos de las secciones estratigráficas georreferenciadas. Ver Anexo II.

*Figure 4.1.7: Paleosurfaces of the different units of Ambrona, resulting from the interpolation of the points obtained from the georeferenced stratigraphic sections. See Anexo II.*

### 4.1.3. Correlación estratigráfica

La recuperación de las secciones estratigráficas y planos de dispersión de materiales de las excavaciones de H&F supuso un punto de inflexión en el desarrollo de la tesis, ya que amplió considerablemente la cantidad de información con la que trabajar y abrió un nuevo camino en la investigación. La correlación estratigráfica de las secciones recopiladas en el HERC supuso meses de trabajo, contrastando la información de dichas secciones con las descripciones detalladas encontradas en los cuadernos de campo de Howell (también recuperados), y lo poco que se había publicado acerca de las características de los depósitos de Ambrona. Las secciones estratigráficas de H&F fueron estudiadas en detalle y sus posiciones georreferenciadas en base al actual sistema de coordenadas (Fig. 4.1.8).

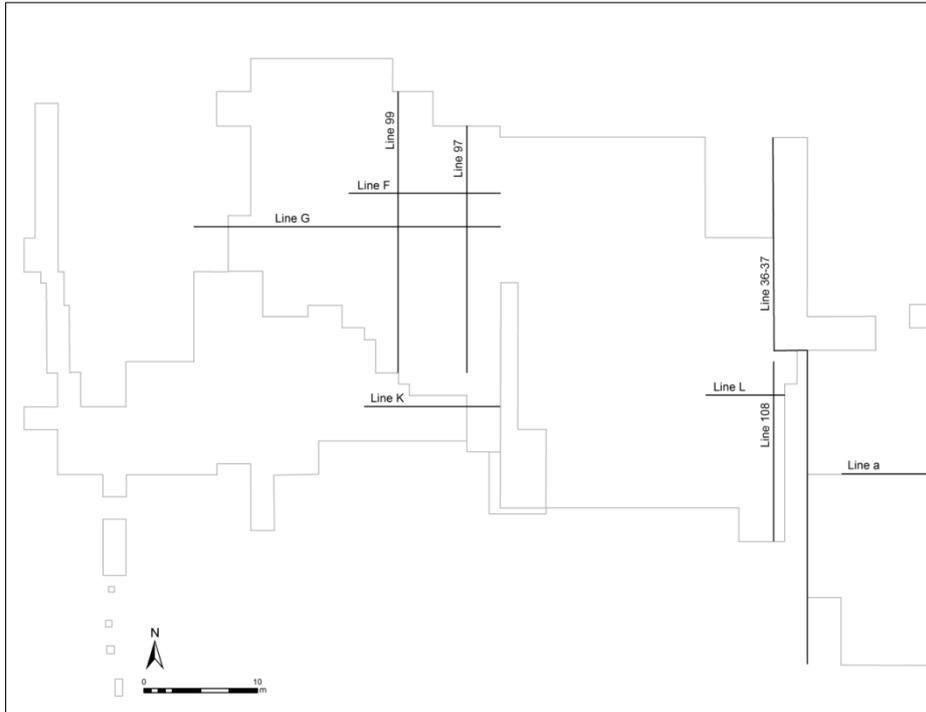


Figura 4.1.8: Situación de todas las secciones estratigráficas del Sector Central de Ambrona elaboradas por el equipo H&F y recuperadas del HERC.

*Figure 4.1.8: Location of all the Central Sector of Ambrona stratigraphic sections made by H&F team and recovered from the HERC.*

A continuación, fueron comparadas y cruzadas con las elaboradas por el equipo S&PG para identificar cualquier punto en el que ambas coincidieran. Estos puntos de control fueron contrastados con trabajos de campo (Fig. 4.1.9) y resultaron determinantes para entender el tipo de información que estas secciones contenían. El equipo H&F elaboró estas secciones en base a criterios litoestratigráficos, mientras que las secciones del equipo S&PG se realizaron de acuerdo a criterios aloestratigráficos. Es decir: las letras que supuestamente daban nombre a los niveles, en realidad aludían a la descripción del tipo de depósito. De esta forma, cuando en un primer momento se abordó el estudio de la estratigrafía de H&F no se encontró un sentido lógico a la nomenclatura de los niveles (letras), su disposición espacial y su geometría.

La potencia del depósito y los parámetros litoestratigráficos y sedimentológicos fueron empleados para comparar los dos tipos de secciones, así como la presencia o ausencia de restos de fauna. Las unidades donde los puntos de control coincidían se encontraban en AS1 (arenas y gravas, fluvial), AS3 (arcillas, lacustre), AS4 (arcillo-arenoso con cantos, fluvio-lacustre), AS5 (arcillo-arenoso con cantos, fluvio-lacustre) y AS6 (limo-arcilloso con arenas, fluvio-lacustre).



Figura 4.1.9: A) Vista general del Sector Central de Ambrona actualmente. Se pueden ver los perfiles que delimitaban las excavaciones de los 90-2000 y, al fondo, los dos museos. B) Uno de los perfiles refrescados para comprobar *in situ* la posición de las unidades y facies según las secciones estratigráficas realizadas por el equipo S&PG. Posteriormente, estos datos fueron cruzados con los obtenidos durante la estancia en el HERC.

*Figure 4.1.9: A) General view of the Central Sector of Ambrona at present. It is possible to see the profiles of the excavations developed during the 1990s-2000s and the two museums. B) One of the reexcavated profiles to verify *in situ* the position of the units and facies according to the stratigraphic sections made by S&PG team. Later, this data were crossed with those obtained during the stay at the HERC.*

La secuencia estratigráfica de Ambrona se encuentra completamente representada y de manera continua en la zona central del yacimiento, encontrándose todas las unidades desde el *lag* de AS1 hasta AS6. En la parte norte del yacimiento, las unidades AS3, AS4 y AS5 muestran una geometría superpuesta gradualmente (*onlap*), la cual es consecuencia de la progradación del ambiente palustre. Debido a este tipo de geometría, AS3 se acuña y desaparece hacia Y521, haciendo que AS4 se apoye directamente sobre AS1 (Howell et al., 1995; Pérez-González et al., 2005) (Fig. 4.1.10). Más hacia el norte (Y545), AS4 desaparece y AS5 apoya sobre AS1. Este *onlap* explicaría por qué hay unidades que, aun siendo diferentes pero muy similares en su composición, no pueden ser distinguidas unas de otras en los bordes o límites de la laguna (Sánchez-Romero et al., 2016).

La sección 124-125-126, elaborada por el equipo actual (S&PG), cruza la sección G, la cual fue elaborada en los años 80 por el equipo H&F. Esta sección muestra la poca potencia que AS4 tiene en este punto. Asimismo, el nivel equivalente a AS4 en las secciones de H&F, el nivel B (Tabla 4.1.1), tiene muy poco desarrollo y no está presente en la parte norte del yacimiento. Es importante destacar que la unidad AS4 tiene dos facies bien diferenciadas, una detrítica (norte) y otra limo-arcillosa (sur).

Por otra parte, se puede apreciar (Fig. 4.1.10) que en la base de AS5 hay un *lag* en el que se encuentran dos defensas de elefante. Este *lag* probablemente corresponda a las facies de canal de AS1, las cuales muestran un mayor desarrollo lateral. De este modo, en esta zona AS5 descansaría directamente sobre AS1. Comparando la posición de la unidad AS5 entre las secciones analizadas (Fig.

4.1.10), los niveles E, F y D, definidos por el equipo H&F, han sido correlacionados con la unidad AS5 (en la base: arcillas/limos con pequeños porcentajes de arena y gravas; a techo: arcillas/fangos). Por otra parte, las unidades definidas por el equipo H&F en la sección G son consistentes con la descripción y distribución espacial de las facies de AS5.

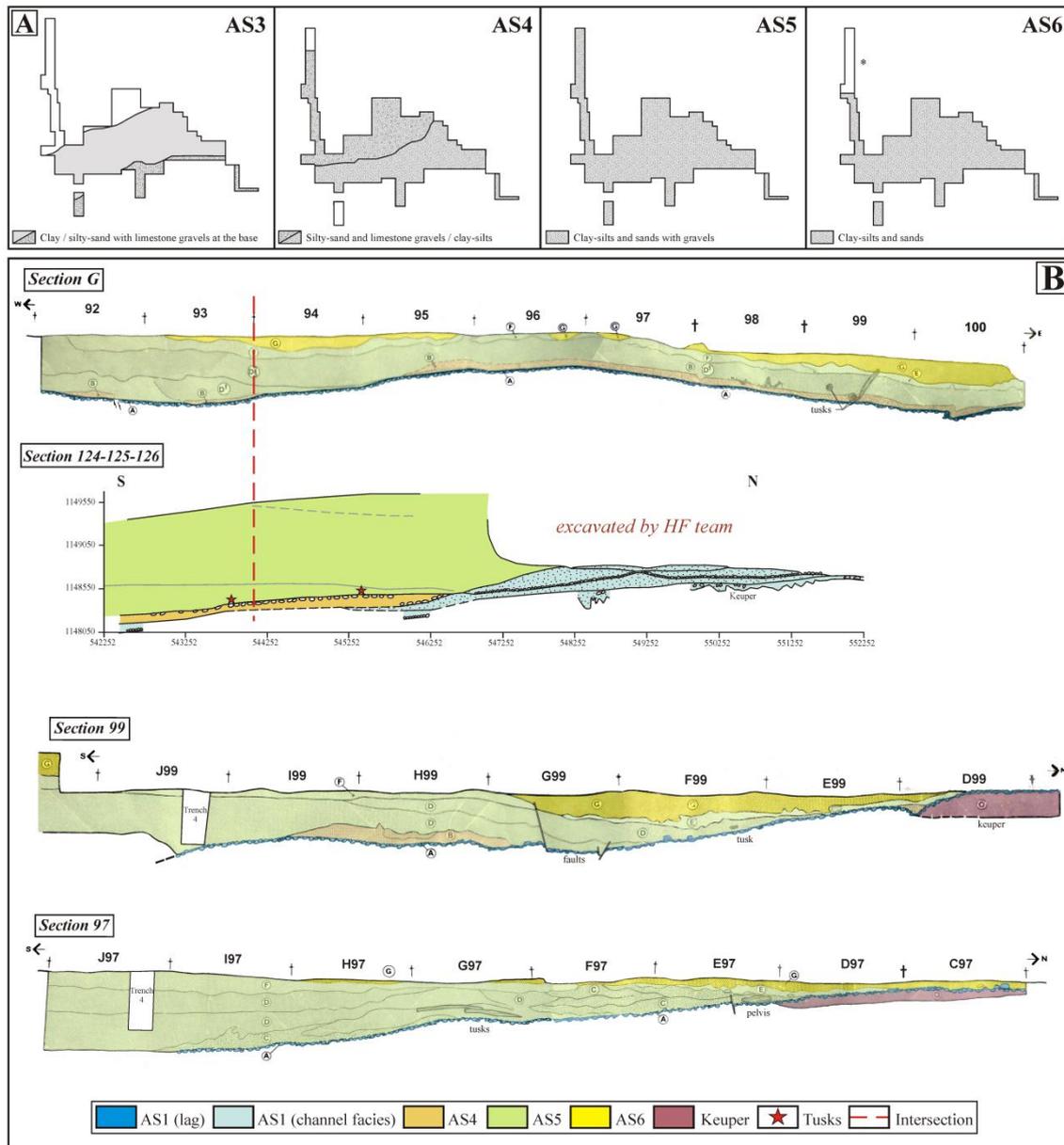


Figura 4.1.10: Distribución espacial de las unidades estratigráficas y correlación entre secciones. A) Plantas del yacimiento de Ambrona donde se muestran los límites y extensión de las unidades de Ambrona (AS3 a AS6). B) Correlación estratigráfica propuesta entre las secciones elaboradas por el equipo H&F y las elaboradas por el equipo S&PG. (\*) AS6 fue retirado con pala mecánica durante las campañas de los '80. El equipo S&PG no encontró esta unidad en el Sector Central durante sus trabajos, de ahí que no aparezca representada en sus secciones.

Figure 4.1.10: Spatial distribution of the stratigraphic units and correlation between sections. A) Map showing the limits and extension of the stratigraphic units at Ambrona (AS3 to AS6). B) Proposed stratigraphic correlation among the sections made by H&F team and those made by the S&PG team. (\*) AS6 was removed by power shovel during the 1980s fieldworks. The S&PG team did not find this unit in its own fieldwork in the Central Sector of Ambrona, so it is not shown in the sections.

En cuanto a la unidad AS6, fue retirada con pala mecánica durante las excavaciones llevadas a cabo antes de 1989 (Pérez-González et al., 2005), motivo por el que esta unidad no se encuentra presente en todo el yacimiento. La escasa representación que quedó en algunos puntos del yacimiento, permitió que se pudiera estimar su extensión y se pudiera correlacionar con las secciones recuperadas. La sección 99 contiene evidencias de la presencia del depósito de AS6 y su posible potencia. La unidad AS1 es continua y se encuentra presente en toda la extensión del yacimiento (Tabla 4.1.1).

H&F team	S&PG team
<b>G:</b> Gray, gritty marly loam (north) or clayey mark (south), mottled, strong prismatic structure south.	<b>AS6:</b> Sandy mud and pebbles. Channel and overbank deposits.
<b>E/F:</b> Marly clay/loam, dispersed grits, chaotically bedded (north). Loamy, sandy-texture marls, laminate structure, rich in gastropods (south).  <b>D:</b> Gritty marly loam, mottling, interdigitating, dispersed pebbles (north), or more homogeneous marly clay.  <b>C:</b> Gritty marly loam, mottling, prismatic structure, interdigitating, dispersed pebbles (north) or more homogeneous marly clay.	<b>AS5:</b> Mud and silty-sand with pebbles. Channel and overbank deposits.
<b>B:</b> Semi-stratified, pebbly / gritty / marly clay.	<b>AS4:</b> Silty clay and limestone gravels / clay-silt. Channel and overbank deposits.
<b>A:</b> Strat. med. subrounded gravel in calc. clay matrix. Some microfaults.	<b>AS1:</b> Sands and limestone gravels. Fluvial environment.

Tabla 4.1.1: Correlación entre las unidades definidas por el equipo H&F (definiciones extraídas de los apuntes de C. Howell recuperados en el HERC) y el equipo S&PG.

*Table 4.1.1: Correlation between the units defined by the H&F and S&PG teams ((the definitions were obtained from the notes made by C. Howell, which were recovered at the HERC).*

En el caso de los límites y extensión de cada una de las unidades, se puede ver cómo AS3 queda claramente limitada en la zona central y hacia el NE del yacimiento (Fig. 4.1.10), mientras que las unidades AS4 y AS5 se expanden hacia los bordes del yacimiento; esta geometría estratigráfica sugiere una progradación

de las orillas de la laguna. La información proporcionada por las secciones estratigráficas elaboradas por el equipo H&F muestra una presencia bastante considerable de elementos líticos y restos de fauna en las unidades AS3, AS4 y, en menor medida, AS5, lo que parece indicar que todas las unidades de Ambrona contenían restos de macrofauna. Este hecho es importante, ya que hasta el momento no se consideraba que AS5 fuera una unidad rica en materiales, más bien lo contrario, ya que se habían encontrado muy pocos restos de industria (Santonja et al., 2005), y que los pocos materiales de fauna que pudiera contener podían proceder de la unidad inferior.

En general, los mapas del equipo H&F muestran una escasa presencia de industria lítica, lo cual resulta coherente con las características de los depósitos y la posible selección de materiales por tamaño. Gracias a la información proporcionada por las secciones estratigráficas recuperadas, las descripciones litológicas y los conjuntos de fauna y lítica identificados tras el procesado de mapas de distribución de materiales, ha sido posible reconstruir la distribución de las unidades estratigráficas de Ambrona (Sánchez-Romero et al., 2016). Más adelante se verá cómo este control de la estratigrafía, junto con los estudios de patrones de orientación y distribución de materiales, ha permitido evaluar los procesos y agentes responsables de las acumulaciones identificadas en cada una de las unidades.

Esta caracterización y correlación estratigráfica de la Unidad Inferior de Ambrona fue ampliada al Sector Este, donde se caracterizaron las diferentes capas de la Unidad Media (AS6). En esta zona del yacimiento es donde se centraron los trabajos de excavación de 2013 hasta la actualidad, aunque previamente también se hicieron algunos trabajos en esta área (Pérez-González et al., 2005). Las descripciones estratigráficas y el trabajo de campo realizado durante los años 2013-2017, permitieron tener un gran control de los depósitos que fueron determinantes a la hora de establecer la correlación de los niveles descritos por el equipo H&F y el equipo S&PG (Fig. 4.1.10). Además, se nos proporcionaron fotografías a color de las excavaciones de 1981 (Enrique Navalpotro), algo que fue de gran ayuda para la situación de las estratigrafías recuperadas y la asignación de niveles.

El estudio en detalle de las secciones estratigráficas y las plantas recuperadas en el HERC permitió localizar una de las secciones en una zona concreta del yacimiento, adyacente a la zona excavada durante las campañas de 2013, 2014 y 2015. Una vez localizada, se procedió a reexcavar esta zona, descubriendo la misma trinchera excavada durante 1981 (Fig. 4.1.11), con el objetivo de *tener delante* la misma sección que tuvo el equipo H&F en el momento de hacer la descripción estratigráfica. De esta forma, una vez abierta la trinchera, se pudo ver cómo en la pared de la izquierda de la trinchera ya no se conservaban los niveles (puesto que habían sido excavados) y sí se tenía la secuencia completa en el perfil de la

derecha. Con la sección 118 delante, se pudo comprobar cómo había una correlación exacta de los niveles identificados por ambos equipos (Fig. 4.1.12). En una de las descripciones recuperadas del HERC elaborada por Howell y fechada en 1982, se hace una descripción bastante esquemática de los *niveles* que ellos pudieron identificar y que permitió confirmar lo que ya se había visto en campo.

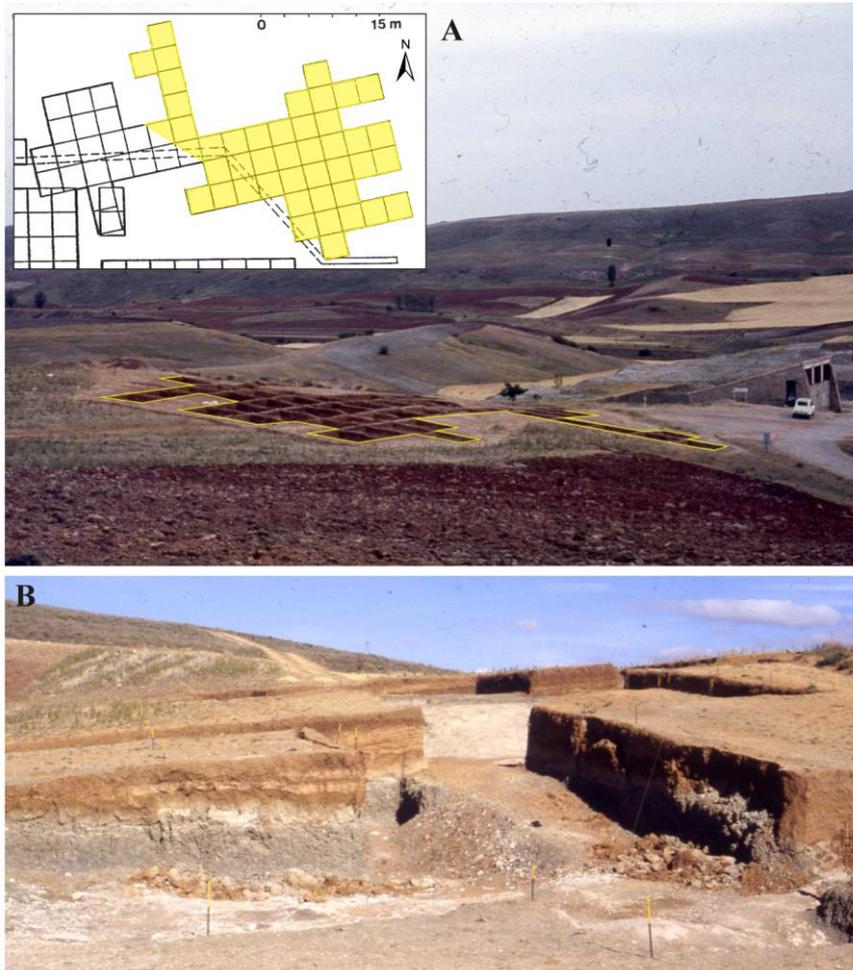


Figura 4.1.11: Trabajos desarrollados durante la campaña de 1981 en el Sector Este de Ambrona. A) Vista general y localización de los cuadros de excavación. (B) Perfiles de la excavación donde se pueden apreciar los diferentes niveles de la unidad AS6. Fotografías de Enrique Navalpotro.

*Figure 4.1.11: Excavation developed during the 1981 fieldwork at the East Sector of Ambrona. A) General view and location of the excavation grid. B) Profiles where it is possible to distinguish the different levels of the AS6 Unit. Photo by Enrique Navalpotro.*

De esta forma, se puede ver la correlación de AS7 con el paquete de arenas y gravas marrones, donde se localizan los paleocanales que erosionaron parte de las arenas en varios puntos del depósito (GG, EE, FF). Por debajo de esta unidad, comenzaría la secuencia de AS6, formada por la capa J, la cual ha sido correlacionada con el nivel DD de H&F; la capa F con el nivel CC; y la capa C con el nivel G (Fig. 4.1.12). Al final de toda esta secuencia, se encuentra el *lag* de AS1 perfectamente definido (nivel A de H&F) y, por debajo, la formación triásica del Keuper. Todo este conocimiento acerca de los depósitos de ambos sectores (el

central y el del este), así como de las principales unidades de Ambrona, hace que se tenga un control estratigráfico detallado de los más de 3000 m<sup>2</sup> de yacimiento excavado, aun habiendo intervenido varios equipos de investigación, con sus propios métodos y objetivos, durante más de 50 años de manera interrumpida.

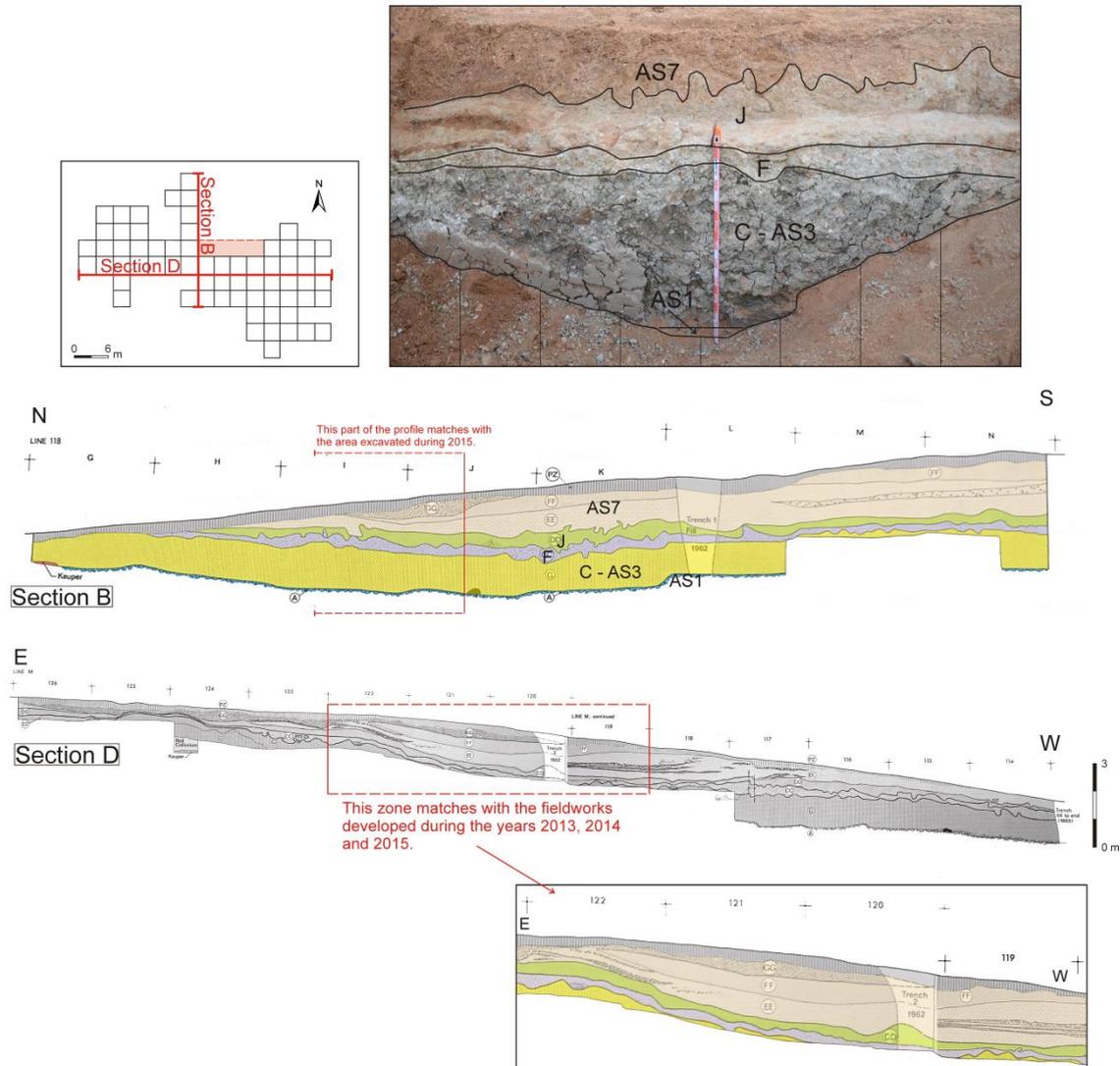


Figura 4.1.12: Correlación estratigráfica de las secciones recuperadas en el HERC con los niveles identificados en la Unidad AS6 durante nuestros trabajos de campo. La zona rayada de la foto del corte estratigráfico corresponde a sedimento removido.

*Figure 4.1.12: Stratigraphic correlation of the sections recovered at the HERC with the levels identified in the AS6 Unit during our fieldworks. The striped zone of the stratigraphic section corresponds to mixed sediment.*

#### 4.1.4. Identificación y clasificación de *clusters*

La georreferenciación de los mapas de distribución de materiales permitió generar una amplia base de datos sobre la que trabajar en términos de espacialidad. Tal y como se ha mencionado con anterioridad, se aplicó el análisis de densidades kernel

para identificar las zonas de mayor acumulación, y como paso previo a la clasificación de las principales agrupaciones de materiales. Debido a la extensión del yacimiento, se aplicó un radio de 2 m para el estudio de la fauna, el cual mostró un valor medio de 4,33-5,4 elementos por m<sup>2</sup>, estableciéndose el máximo en 9,46 elementos y el mínimo en 1. La distribución espacial de estos valores es heterogénea, con un valor de fondo bastante bajo que rondaban los 0-0,18 y un pico de densidad de unos 9,72-9,76 elementos por m<sup>2</sup> (Sánchez-Romero et al., 2016). Los mapas de densidad kernel fueron posteriormente clasificados usando el método Jenks (Fig. 4.1.13), con el objetivo de separar las áreas donde se daban las concentraciones de material más altas de aquellas que mostraban unos valores de densidad más bajos.

En el caso de la industria, se aplicó un sistema similar. Se aplicó un radio de 2 m, el cual mostró un valor medio de 4,35-5,4 de elementos por m<sup>2</sup>, así como un máximo de 9,8 y un mínimo de 1 elemento por m<sup>2</sup>. La distribución espacial de estos valores es heterogénea, aunque se observa una zona continua donde hay una mayor concentración de elementos líticos (Fig. 4.1.14). Esta concentración de material muestra unos valores de densidad comprendidos entre 1 y 9,8 elementos por m<sup>2</sup>, mientras que el resto de valores oscilan entre los 2,08 y los 6,5 elementos por m<sup>2</sup>. A pesar de estos datos, el mapa de densidad relativo a los elementos líticos muestra una baja presencia de industria, siendo el índice de densidad muy bajo en comparación con el índice obtenido con los restos de fauna.

La aplicación del análisis de densidad kernel y el sistema de clasificación por grupos naturales sirvieron como punto de partida para la identificación y selección de las principales agrupaciones de material óseo (en este caso, ya que la lítica apenas se encontraba representada y no se tenía más información que su posición en los planos) (Fig. 4.1.13). Estas concentraciones se encontraban localizadas en contextos estratigráficos concretos, tal y como se pudo comprobar tras el estudio de las unidades estratigráficas y su delimitación. Una vez fueron identificados los *clusters*, se procedió a un estudio más profundo que permitiera su caracterización y adscripción a la unidad estratigráfica correspondiente en función de las características del conjunto.

Por otra parte, se aplicaron los test estadísticos Chi-cuadrado y Kolmogorov-Smirnov (K-S), con el fin de comprobar si las concentraciones observadas en los mapas de densidades son estadísticamente significativas, o si, por el contrario, las concentraciones podrían definirse como dispersas o aleatoriamente distribuidas. Ambos test apuntan a que la distribución de materiales de Ambrona se encuentra agrupada. El valor de Chi es mayor que el valor crítico ( $3,693E+21 > 35,172$ ), por lo que la distribución es estadísticamente diferente y, por tanto, la distribución observada está agrupada, no es aleatoria. Por otra parte, K-S muestra que la mayor diferencia absoluta es mayor que el valor crítico ( $0,398 > 0,021$ ), por lo que la diferencia existente entre los valores observados y esperados puede ser

considerada estadísticamente diferente, rechazando la hipótesis nula de distribución aleatoria (Sánchez-Romero et al., 2016).

En los dos subapartados siguientes, se procede a la definición de las características arqueológicas y estratigráficas de las principales concentraciones identificadas tanto en los restos de fauna como de industria lítica.

#### 4.1.4.1. Concentraciones de fauna

De esta forma, y en base a los análisis llevados a cabo, se sugieren tres concentraciones principales de restos de fauna en todo el área excavada: Alpha (hacia el sur), CNAmb (hacia la zona central-norte) y TG (hacia el este del yacimiento) (Fig. 4.1.13). La concentración Alpha se encuentra definida por los valores de densidad comprendidos entre 2,26-9,72 huesos por m<sup>2</sup>, tratándose en este caso del esqueleto casi completo de *Palaeoloxodon antiquus* excavado durante la campaña de 1995 (Santonja et al., 2005; Villa et al., 2005). La mayoría de las partes de este elefante se han conservado, algunas incluso en conexión anatómica, suponiendo un excepcional hallazgo sobre todo teniendo en cuenta en el medio en el que se encuentra. Los estudios tafonómicos llevados a cabo sugieren que la posición original de los huesos se vio ligeramente afectada por procesos naturales y por la acción de animales (*trampling*, alteraciones diagenéticas, carroñeo, etc.), pero no se descarta la posibilidad de que hubiera habido cierta intervención antrópica.

La concentración CNAmb se encuentra localizada en una zona excavada en 1980. Se trata de un conjunto bastante disperso que incluye algunas defensas de unos 3 m de largo y una gran cantidad de restos de tamaño bastante reducido (los más pequeños miden 5-10 cm), en comparación con el tamaño general del conjunto faunístico. Al principio, no se sabía a qué unidad estratigráfica podía pertenecer, ya que no hay ninguna referencia en los mapas de dispersión o en la documentación escrita. De hecho, esta acumulación ni siquiera fue publicada sino que fue recuperada tras la estancia en el HERC (Fig. 4.1.3, Anexo I). Sin embargo, los límites y la geometría observada en la superposición de unidades cuando se llevó a cabo la correlación estratigráfica sugieren que esta concentración de material puede pertenecer a la unidad AS4 (Sánchez-Romero et al., 2016). En cuanto a la concentración TG, fue publicada en 1963 en el *Noticario Arqueológico Hispánico* (Howell, 1963). Esta parte del yacimiento fue excavada en 1962 y se publicó la planta de dispersión con ciertas referencias a la posición de los huesos. Estas referencias mostraban los huesos de elefante con diferentes colores y tramas, lo cual indicaba en qué nivel habían sido encontrados (Upper, Middle or Lower). Sin embargo, estas localizaciones no indicaban la posición espacial en el conjunto del yacimiento ni tampoco a qué nivel o unidad correspondían, ya que previamente no se había hecho ningún tipo de definición o caracterización de la estratigrafía de Ambrona.

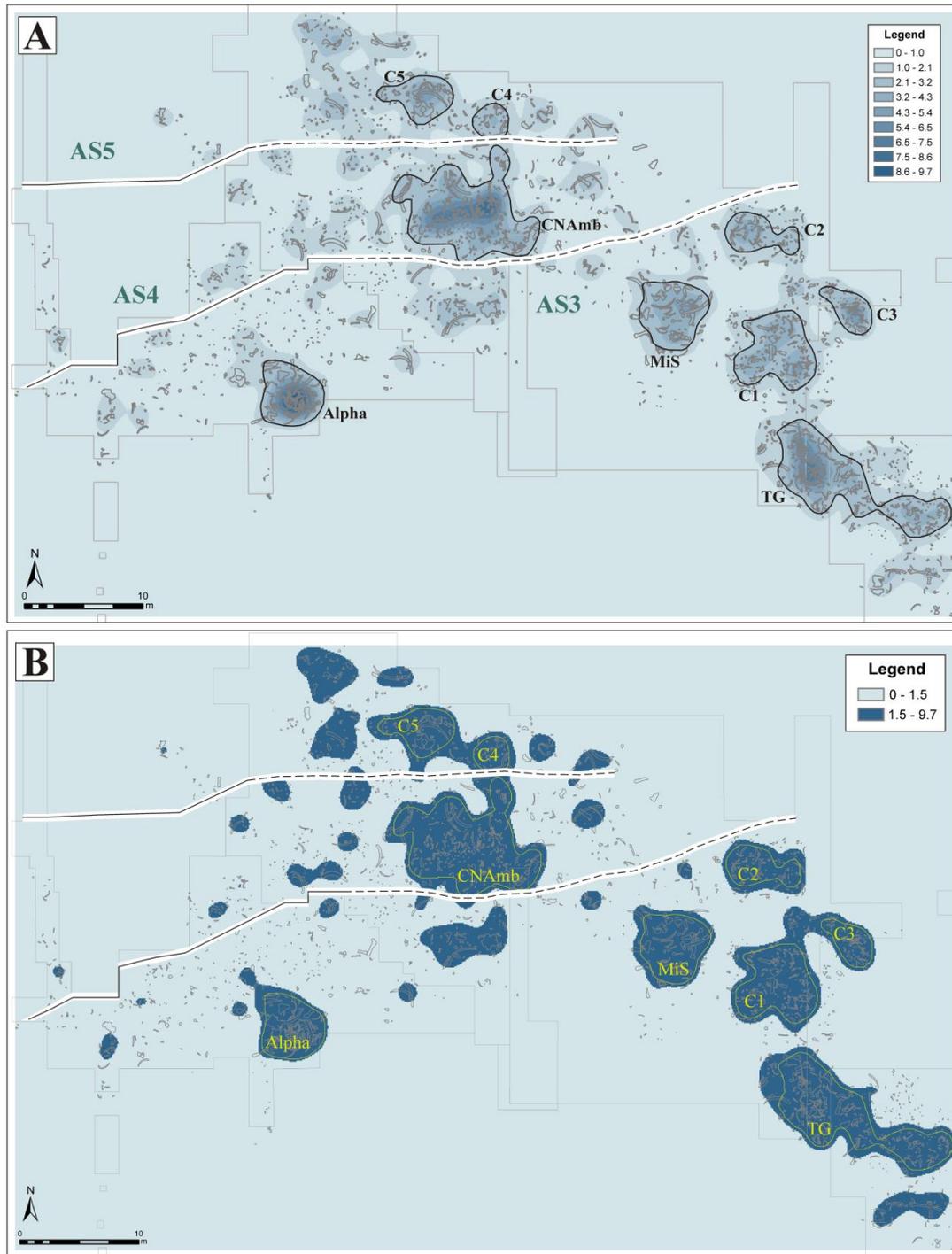


Figura 4.1.13: Planta de densidad kernel (A) y clasificación Jenks (B) del total de restos de fauna de Ambrona.

Figure 4.1.13: Kernel density map (A) and classification by Jenks (B) of the total amount of faunal remains from Ambrona.

La correlación espacial que llevamos a cabo sugiere que esta concentración parece pertenecer a la unidad AS3, al tratarse de la unidad dominante en este punto del yacimiento debido a su posición y potencia estratigráfica. Además, la dispersión y tamaño de los restos es muy similar a los ya identificados en otras acumulaciones

encontradas en AS3, como Alpha o el Museo *in situ*. En la concentración TG se da una menor concentración de huesos que en Alpha (Fig. 4.1.13), aunque predominan los huesos más largos y grandes, en contraposición con lo que encontramos en la concentración CNAmb.

Además de estas tres concentraciones principales, hay otras acumulaciones de material que también han sido adscritas a AS3. Las características de C1, C2 y C3 son bastante similares a las de TG, donde además de restos de tamaño más reducido hay un predominio de restos más grandes y de huesos largos. En la parte norte del yacimiento, se encuentran otras dos concentraciones de materiales, C4 y C5, las cuales han sido adscritas a AS5 (Fig. 4.1.13). El límite de la extensión de la unidad AS5 es muy claro, por lo que la asignación de estas acumulaciones a esta unidad se considera bastante sólida. Un hecho muy importante y determinante fue que se consiguió situar una de las defensas de C5 en la sección 97 (Line 97), ya que pasaba justo por en medio de la misma y, además, cruzaba con una de las secciones estratigráficas elaboradas durante los años 90.

#### 4.1.4.2. Concentraciones de industria lítica

Los mapas de densidad muestran que, en términos generales, hay una menor presencia de industria lítica, sobre todo cuando se compara con los índices de fauna. La mayor acumulación de restos de industria lítica se encuentra muy localizada (Fig. 4.1.14), sin apenas dispersión, y en el mismo lugar donde se encuentra la mayor concentración de fauna de Ambrona (concentración Alpha). Los restos de industria lítica encontrados en el entorno de Alpha parecen indicar que fueron depositados al mismo tiempo que se produjo la deposición del depósito sedimentario (Villa et al., 2005).

Además de la principal concentración de industria lítica localizada en el entorno de Alpha, se puede apreciar otra acumulación hacia la parte central-este del yacimiento y que, aunque menos densa, es mucho más dispersa. Esta concentración parece coincidir en posición con CNAmb, coincidiendo con los límites de la unidad AS4, la cual erosiona AS3 y que, según las bases de datos, contiene 353 piezas (Santonja et al., 2017). AS4 es la unidad que, en comparación con las otras, contienen mayor número de restos líticos; el resto también contienen algo de industria, pero sobre todo se caracterizan por la enorme cantidad de restos de fauna.

Las fases de la *chaîne opératoire* identificadas en los restos excavados durante las campañas de 1993-2000 muestran información bastante interesante en cuanto a estas acumulaciones, como que el tamaño es variado y se encuentran en una posición derivada, no autóctona. La unidad AS3 contiene sólo 74 restos líticos en 412 m<sup>2</sup>, siendo la mayoría lascas en la fase final de producción. Los mecanismos de acumulación de esta unidad incluyen facies que indican la presencia de pequeños

canales que pudieron haber introducido estos elementos líticos desde posiciones vecinas hacia el interior de la laguna (Santonja et al., 2017). Por otra parte, la diferencia en la cantidad de restos de fauna y lítica encontrados en la unidad AS5 es aún mayor, ya que sólo se encontraron 5 elementos líticos en los 17,5 m<sup>2</sup> preservados de esta unidad. Estos datos se refieren a las excavaciones llevadas a cabo por el equipo S&PG, ya que los hallazgos de industria rara vez se registraban en los mapas de excavadas elaborados por el equipo H&F (Sánchez-Romero et al., 2016). Sin embargo, el acceso a la documentación del equipo H&F ha permitido descifrar la posición y densidad de los restos líticos encontrados, sobre todo del sector este del yacimiento. La información obtenida tras el análisis de facies y los restos de industria encontrados, puede ser extrapolada a los mapas de distribución elaborados por el equipo H&F, ya que la información proporcionada por las piezas coincide con la descripción de cada unidad hecha por el equipo S&PG (Pérez-González et al., 2005; Sánchez-Romero et al., 2016; Santonja et al., 2017). Hacia la zona norte del yacimiento apenas hay presencia de restos de industria lítica, donde sólo parece estar depositado AS5 (recordemos que AS6 fue retirado con pala mecánica en esta zona del yacimiento, por lo que no se tienen registros de esta unidad en esta posición), mientras que el número de restos va aumentando a medida que AS4 empieza a tener mayor desarrollo.

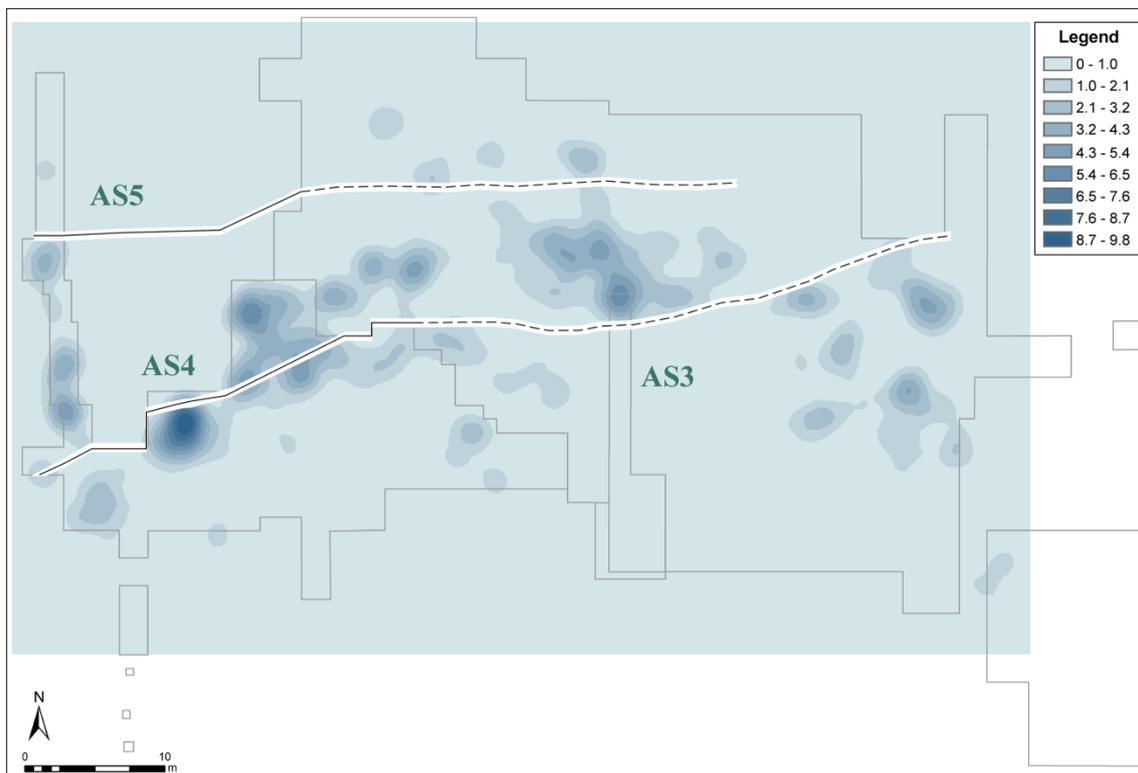


Figura 4.1.14: Planta de densidad kernel del total de restos de industria lítica de Ambrona.

*Figure 4.1.14: Kernel density map of the total amount of lithic remains from Ambrona.*

Los mapas de densidad muestran una coincidencia parcial entre las principales concentraciones de fauna e industria (Figs. 4.1.13 y 4.1.14). En el caso de los restos

líticos, es evidente en las áreas definidas por las concentraciones CNamb, C2, C4 y, en menor medida, C1. En otras áreas, como donde se ubica Alpha, las concentraciones de material lítico y fauna se encuentran próximas pero no coinciden. Esta falta de coincidencia se encuentra relacionada con las características propias de la unidad estratigráfica y la posición paleogeográfica en la que los materiales se encuentran. Mientras que la concentración Alpha se encuentra localizada en la zona central de la unidad AS3, los restos líticos que se encuentran asociados están rodeando dicha acumulación y no integrados en la misma posición que los restos de fauna (Sánchez-Romero et al., 2016). Esto es debido a lo que ya se ha comentado anteriormente acerca de la posible procedencia de la industria y a los procesos que afectaron a la concentración de huesos de Alpha.

#### 4.1.5. Patrones de orientación

Los diagramas circulares (también conocidos como rosetas) muestran los diferentes patrones de orientación de los materiales de estudio, en este caso de los conjuntos paleontológicos de Ambrona. La representación de los materiales contenidos en la concentración Alpha muestra un histograma principalmente disperso, pero con cierta tendencia hacia una orientación E-W (Fig. 4.1.15). Sin embargo, los *p-values* obtenidos tras la aplicación de los test de Rayleigh y Kuiper, cuando se comparan con las distribuciones unimodales, bimodales o multimodales, no proporcionan ninguna evidencia que indique una desviación de la uniformidad (Tabla 4.1.2). El diagrama de C2 muestra una tendencia similar a la de Alpha (E-W), mientras que tanto Rayleigh como Kuiper no parecen indicar ninguna evidencia de orientaciones preferenciales (Fig. 4.1.15, Tabla 4.1.2). De esta forma, ni Alpha ni C2 muestran evidencias sólidas de desviación de la uniformidad, lo que parece corroborar la hipótesis de que la orientación de los restos de estas dos concentraciones se debe al azar. Por el contrario, los diagramas circulares de C1 muestran un patrón claramente unimodal altamente agrupado hacia la dirección E-W (Fig. 4.1.15). Los bajos *p-values* rechazan claramente la uniformidad para este conjunto, ya que indica una distribución unimodal dominante. Este resultado es bastante similar al obtenido con la concentración MiS, donde las rosetas muestran una clara tendencia E-W y unos *p-values* para el test de Rayleigh de  $< 0,002$  (Tabla 4.1.2). Estos datos proporcionan evidencias bastante sólidas que apuntan hacia una orientación unimodal con una tendencia E-W para todos los ejes medidos (D, MBR y PMA).

En la concentración C3, los diagramas resultantes de la aplicación de D y MBR muestran una tendencia similar a MiS (Museo *in situ*), con una dirección de orientación media ENE-WSW (Fig. 4.1.15), mientras que PMA muestra una moda principalmente perpendicular (NE-SW) y modas menores orientadas hacia E-W. Los test estadísticos revelan claras evidencias de orientación preferencial unimodal para D y MBR (Rayleigh *p-value* =  $< 0,015$ , Tabla 4.1.2), mientras que las

medidas para PMA también sugieren ciertas evidencias de orientación preferencial, aunque con cierta inclinación hacia la distribución bimodal (Kuiper  $p$ -value = 0,05).

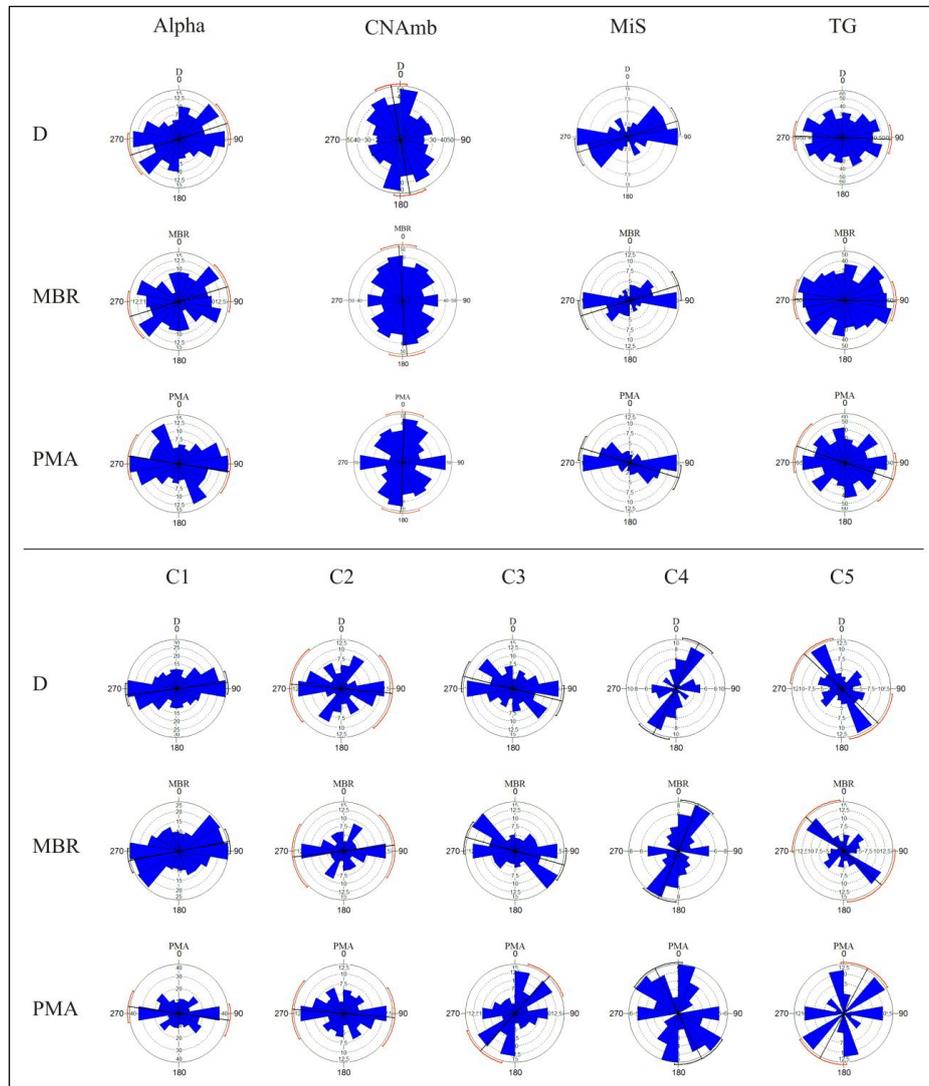


Figura 4.1.15: Diagramas circulares obtenidos tras la aplicación de los métodos D, MBR y PMA que muestran la direccionalidad de cada una de las acumulaciones de huesos identificadas (sólo se han tenido en cuenta los elementos cuyo índice de elongación es  $> 1,6$  y su tamaño es  $> 2$  cm).

*Figure 4.1.15: Circular diagrams obtained using the D, MBR and PMA methods, showing the orientation pattern of each accumulation of bones (only items with elongation index  $> 1.6$  and size  $> 2$  cm).*

Los patrones de orientación identificados en la parte norte del yacimiento parecen indicar la presencia de varias tendencias en las orientaciones de los restos: N-S, E-W, NNE-SSW y NW-SW (Fig. 4.1.15). Las concentraciones CNAmb y TG tienden a mostrar distribuciones circulares dominadas por una dirección unimodal, siendo N-S para CNAmb y E-W para TG. En ambas concentraciones las modas menores no son significativas, excepto para las medidas PMA donde son más representativas. Los test estadísticos muestran unos  $p$ -values muy bajos para CNAmb y TG, los cuales permiten rechazar la uniformidad. En el caso de C4 y C5 los patrones son

bastante similares, ya que se ve una clara tendencia en las medidas de D y MBR y una alta dispersión para PMA, pero con diferentes direcciones de orientación (Fig. 4.1.15). C4 muestra un claro patrón hacia la orientación NNE-SSW, siendo E-W en la moda menor, mientras que la tendencia de C5 es NW-SE y la moda menor hacia NE-SW. Como se ha mencionado anteriormente, PMA muestra un patrón más disperso y sin tendencias dominantes. En cuanto a los test estadísticos, C4 muestra sólidas evidencias de uniformidad, algo que no se repite en C5 aun a pesar de mostrar patrones de direccionalidad semejantes. Los bajos valores de  $Z$ ,  $V$  y los  $p$ -values altos no proporcionan evidencias claras de que exista ninguna orientación preferencial de los materiales (Tabla 4.1.2). Por lo tanto, aunque el diagrama de C5 muestra direcciones dominantes, no se encuentra ninguna significancia estadística en él.

		size	Vector (°)	Mean Vector	$k$	Deviation (°)	$Z$	$p$	$V$	$p$
		$n$	$\mu$	$r$		$v$				
Alpha	D	83	71,57	0,17	0,35	53,68	2,48	0,084	1,470	> 0.15
	MBR	83	72,85	0,15	0,30	55,87	1,85	0,157	1,292	> 0.15
	PMA	83	98,78	0,17	0,34	54,38	2,26	0,104	1,562	0.15 > $p$ > 0.10
CNAmb	D	290	169,99	0,14	0,28	56,96	5,57	0,004	2,386	< 0.01
	MBR	290	175,53	0,13	0,25	58,36	4,57	0,010	2,018	< 0.01
	PMA	290	2,50	0,11	0,22	60,45	3,38	0,034	1,954	< 0.025
TG	D	332	92,06	0,13	0,26	58,10	5,43	4,00E-03	2,132	< 0.01
	MBR	332	91,13	0,10	0,19	61,92	3,11	4,50E-02	1,778	< 0.05
	PMA	332	109,27	0,07	0,14	65,77	1,71	1,81E-01	1,613	0.15 > $p$ > 0.10
MiS	D	42	72,32	0,38	0,81	40,02	5,97	0,002	2,400	< 0.01
	MBR	42	72,58	0,34	0,73	41,87	4,96	0,006	2,122	< 0.01
	PMA	42	107,23	0,41	0,90	38,26	7,06	6,83E-04	2,276	< 0.01
C1	D	143	83,09	0,25	0,52	47,68	8,96	1,28E-04	2,497	< 0.01
	MBR	143	78,85	0,23	0,48	49,00	7,67	4,68E-04	2,498	< 0.01
	PMA	143	97,88	0,18	0,37	53,03	4,65	0,01	2,113	< 0.01
C2	D	55	95,10	0,12	0,24	59,40	0,75	0,474	1,169	> 0.15
	MBR	55	83,25	0,14	0,28	56,86	1,07	0,343	1,365	> 0.15
	PMA	55	94,78	0,15	0,31	55,63	1,27	0,282	1,320	> 0.15
C3	D	67	104,25	0,27	0,56	46,48	4,82	0,008	1,955	< 0.025
	MBR	67	105,85	0,25	0,52	47,68	4,20	0,015	1,959	< 0.025
	PMA	67	42,54	0,18	0,36	53,45	2,06	0,127	1,797	< 0.05
C4	D	33	26,62	0,35	0,75	41,48	4,05	0,016	1,761	< 0.05
	MBR	33	22,92	0,33	0,71	42,44	3,68	0,024	1,782	< 0.05
	PMA	33	152,77	0,22	0,44	50,17	1,54	0,216	1,636	0.10 > $p$ > 0.05
C5	D	46	133,33	0,16	0,32	55,25	1,12	0,33	1,399	> 0.15
	MBR	46	132,10	0,13	0,27	57,52	0,82	0,444	1,559	0.15 > $p$ > 0.10
	PMA	46	27,80	0,19	0,38	52,48	1,60	0,202	2,490	< 0.01

Tabla 4.1.2: Parámetros de dispersión y resultados de los test estadísticos de los restos de fauna analizados.

Table 4.1.2: Dispersion parameters and results of the statistical tests of the faunal remains identified.

Para evaluar la influencia de las longitudes, formas y tamaños de las muestras ( $n$ ) de los elementos en la significancia estadística de los análisis, se han seleccionado las concentraciones Alpha y CNAmb para analizar la evolución de los  $p$ -values de acuerdo con dichas variables y en función de mediciones angulares llevadas a cabo con D, MBR y PMA. Estas dos concentraciones fueron seleccionadas debido a que son las más grandes (tanto en extensión como en número de elementos) y a que los patrones de orientación difieren. Los  $p$ -values fueron calculados de acuerdo con el índice de elongación y al tamaño muestral  $n$  (o número de observaciones)

(Sánchez-Romero et al., 2016). La evolución de los *p-values* en función del índice de elongación, muestra la existencia de una amplia diferencia entre los conjuntos (Fig. 4.1.16A). Alpha siempre presenta unos *p-values* altos (cerca o más altos que 0,1), lo cual indica que la hipótesis de aleatoriedad para esta concentración no puede ser rechazada, a pesar de la variación en el índice de elongación de las piezas. Sin embargo, como los *p-values* de CNAmb son inferiores a 0,05, la hipótesis de distribución aleatoria de orientaciones puede ser rechazada con confianza, sin que exista una influencia significativa de la variación en el índice de elongación de los elementos analizados. Respecto a los cambios en los *p-values* en función de la longitud de los restos (Fig. 4.1.16B), la diferencia entre ambas concentraciones es igualmente clara. Los *p-values* de Alpha, calculados a partir de D, MBR y PMA, son siempre superiores a 0,15, por lo que no hay evidencias que indique desviación de la uniformidad, en este caso, independientemente de la longitud. Por el contrario, los valores de CNAmb son muy bajos y cercanos a 0, lo cual indica que se produce una desviación muy significativa de la uniformidad en conjunción con las variaciones en la longitud de los restos.

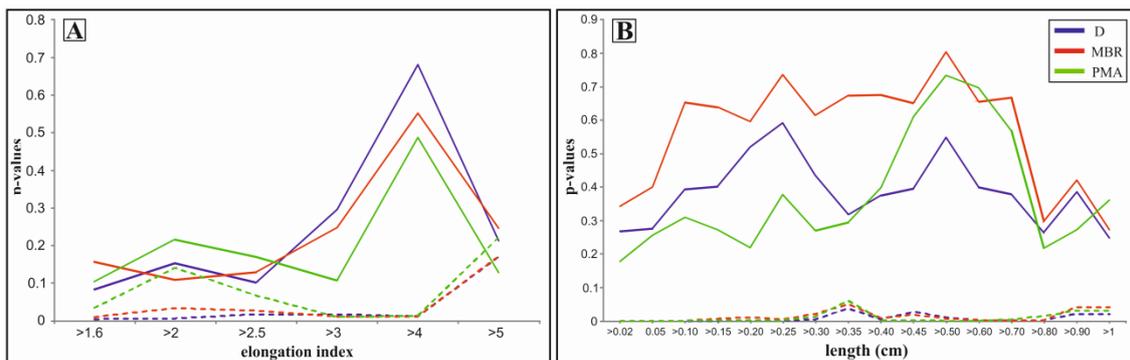


Figura 4.1.16: A) Variación de los *p-values* según el índice de elongación y B) Longitud de los restos de fauna. Las líneas continuas corresponden a la concentración Alpha y las discontinuas a CNAmb.  
 Figure 4.1.16: A) Variation of the *p-values* according to the elongation index and B) Length of the faunal remains. The solid lines delimit the Alpha concentration, the broken lines indicate the CNAmb concentration.

#### 4.1.6. Análisis de los patrones de distribución de Ambrona

Los test estadísticos aplicados a los restos de fauna e industria de Ambrona, en combinación con los mapas de densidad y los análisis de patrones de direccionalidad, han permitido conocer que los restos mapeados se encontraban agrupados y, por tanto, con una distribución estadísticamente diferente. Debido a que la hipótesis nula fue rechazada tras la aplicación de chi y K-S, se aplicó k-means para contrastar las agrupaciones identificadas con los mapas de densidad. Este método agrupa los datos en función de la media más cercana, por lo que clasifica el conjunto de la distribución en varios grupos sin hacer distinción entre grupos más grandes o más pequeños. Tal y como se puede ver en la Fig. 4.1.17, las

agrupaciones clasificadas según las propias características de los conjuntos de materiales coinciden en gran parte con las identificadas a partir de las densidades kernel clasificadas según el método de Jenks. La asociación entre las acumulaciones y la clasificación por grupos hecha por k-means es sencilla. En el caso del grupo G1, quedan englobadas las acumulaciones C4 y parte de los elementos que quedan más dispersos de la acumulación C2. Por otra parte, G2 agrupa las acumulaciones C1, C3 y parte de C2, mientras que G3 correspondería a la acumulación C5. El grupo G4 comprende aquellos elementos que se encuentran más dispersos hacia el oeste del yacimiento y cuyo índice de densidad es muy bajo, quedando sin apenas representación en el mapa de densidad. En el caso de G5, asocia los restos del Museo in situ (MiS) y parte de la acumulación C2. G7, al igual que G4, agrupa los elementos dispersos sin representatividad a nivel de densidad que quedan comprendidos entre las acumulaciones CNAmb y Alpha. Por último, las dos grandes acumulaciones de Ambrona, Alpha y CNAmb, son agrupadas por G8 y G9 respectivamente.

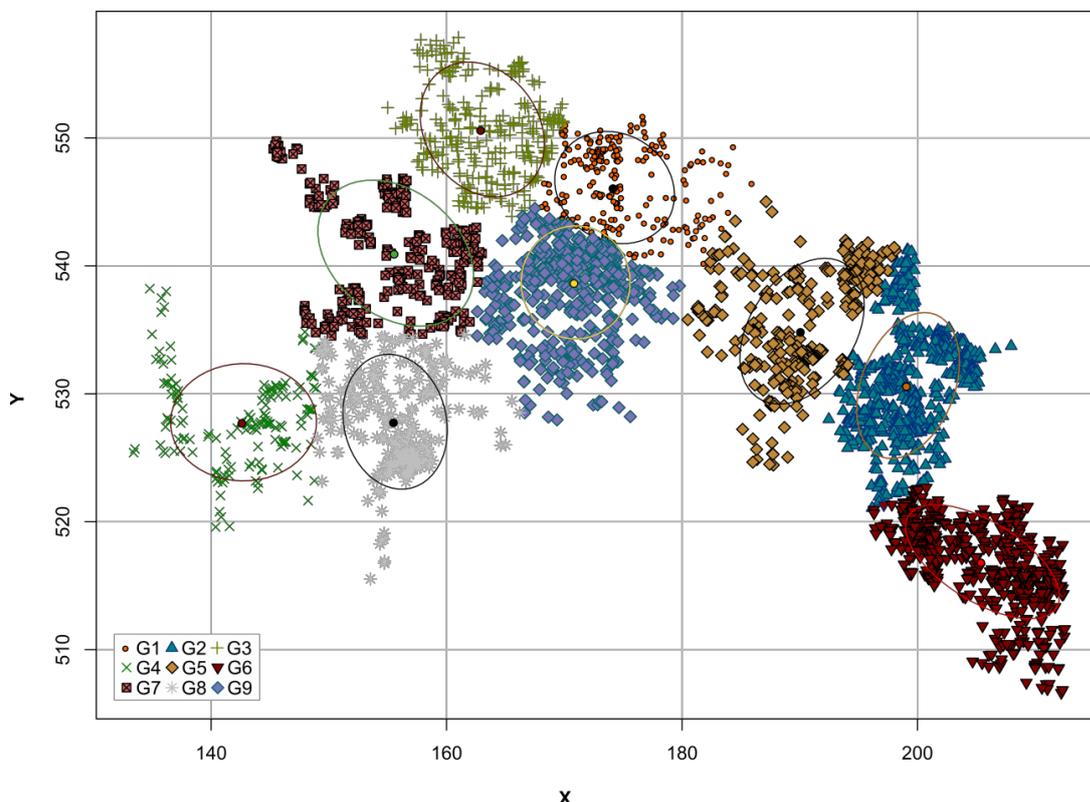


Figura 4.1.17: Planta de distribución de restos de fauna de Ambrona y su clasificación por el método de clasificación *k-means*.

*Figure 4.1.17: Ambrona distribution map of the faunal remains and their classification according to the k-means method.*

Como se ha mencionado con anterioridad, las principales agrupaciones detectadas por k-means muestran gran semejanza con las agrupaciones detectadas por los análisis de densidad y el método de clasificación por grupos naturales. Este resultado muestra el uso de k-means como método eficaz en la definición de grupos (clases) en base a un conjunto de variables cualitativas, incluso como paso

previo a la aplicación de otros métodos de análisis para la concepción general y la organización de un conjunto grande datos.

Por otra parte, la aplicación de Getis-Ord  $G_i^*$  ha permitido delimitar con mucha mayor precisión las zonas de acumulación de materiales, tanto de industria lítica como de fauna. Estas zonas resaltadas como *hotspots* coinciden con las agrupaciones de material previamente identificadas con kernel y Jenks. Se han aplicado dos tipologías para el análisis Getis-Ord  $G_i^*$  con relación espacial de banda fija, una a partir de puntos (Fig. 4.1.18) y la otra a partir de una cuadrícula de 1 m<sup>2</sup> en la que se hacía un conteo de materiales por metro cuadrado (Fig. 4.1.19). En el caso de la aplicación de Getis-Ord  $G_i^*$  a los puntos que representan los restos de industria lítica y fauna, se puede ver cómo ambos tipos de materiales quedan situados prácticamente en las mismas zonas. Con esta representación conjunta de los materiales de Ambrona, se puede apreciar de manera global la distribución de los diferentes restos identificados en el yacimiento.

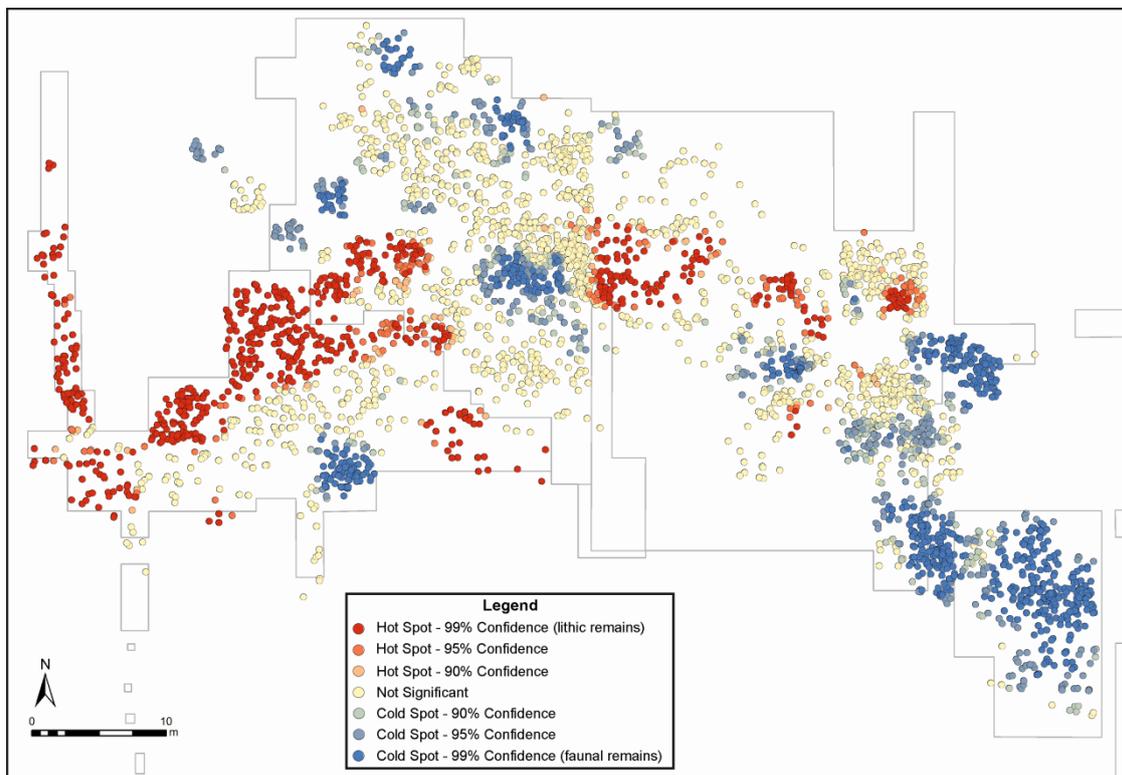


Figura 4.1.18: Planta de distribución obtenida tras la aplicación de Getis-Ord  $G_i^*$  para la identificación de los patrones de distribución de los restos de fauna e industria lítica.

Figure 4.1.18: Distribution map obtained according to the Getis-Ord  $G_i^*$  method for identifying the distribution patterns of the faunal and lithic remains.

Los resultados obtenidos de la aplicación de ambos tipos de análisis (por puntos y por conteo de elementos por cuadro) son prácticamente iguales. El efecto de superposición de unidades y su desaparición hacia el norte del yacimiento es más que evidente en este tipo de análisis, ya que se puede ver con claridad cómo los materiales van desapareciendo hacia el norte del yacimiento y queda un *cinturón*

de acumulación de materiales claramente situado hacia la mitad del área total (Figs. 4.1.18 y 4.1.19), y que corresponde, en gran parte, con los límites de la unidad AS4. Hacia el sur del yacimiento también se aprecia una disminución en la presencia de restos; excepto por la concentración Alpha, prácticamente todo el área presenta un índice bastante bajo tanto de fauna como de industria lítica.

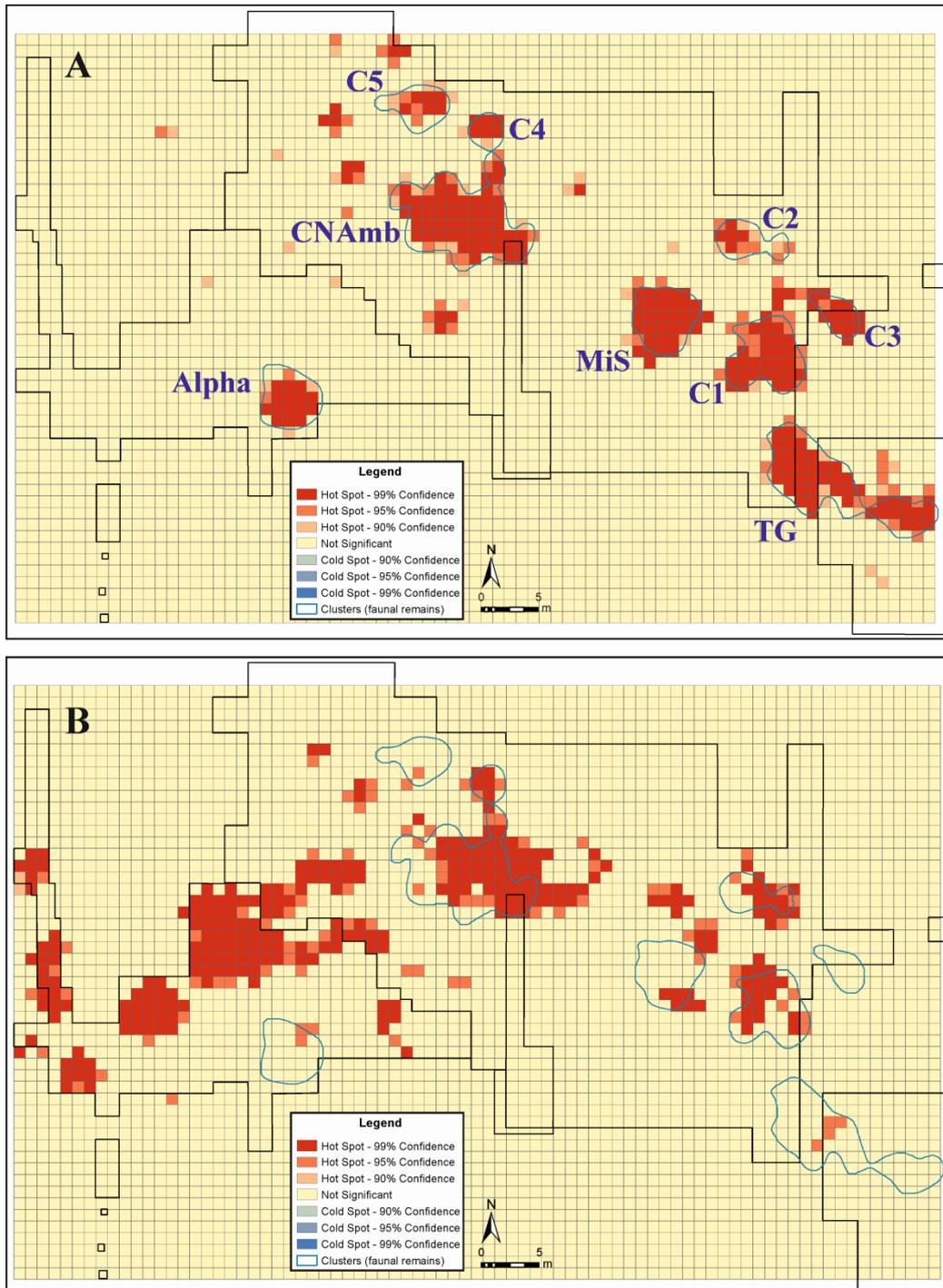


Figura 4.1.19: Plantas de distribución de los restos de fauna (A) y de industria lítica (B) de Ambrona y su clasificación según el nivel de confianza aplicando Getis-Ord  $G_i^*$ .

Figure 4.1.19: Ambrona distribution maps of the faunal (A) and lithic (B) remains and their classification according to the Getis-Ord  $G_i^*$  confidence level.

## **4.2. Amalda**

En esta sección se muestran los resultados obtenidos de los diferentes análisis llevados a cabo con los datos de Amalda. Por un lado, se describen los resultados de la interpolación realizada para obtener la reconstrucción paleogeográfica del nivel VII de Amalda, donde se pueden observar las zonas más altas y más bajas del relieve. Esta superficie inferida nos permite conocer con mayor detalle el entorno en el que los materiales se encontraban depositados, así como los factores que han podido intervenir en su disposición. Es interesante ver, no sólo la disposición de los materiales, sino las características de las agrupaciones identificadas en el contexto de dicha paleotopografía.

Por otra parte, los análisis de tipo inferencial han permitido conocer con mayor detalle los patrones de dispersión de los materiales de Amalda y probar qué análisis son los que mejor se ajustan para el tipo de datos manejados. Para ello, se han aplicado Getis-Ord  $G_i^*$  y Anselin Local Moran's I para los contajes de material por cuadro (previa creación de una cuadrícula de 1 m<sup>2</sup>) y para el análisis de puntos en función de la variable "longitud", tanto en lítica como en fauna. Debido a que la longitud tecnológica de la industria lítica puede no coincidir con la dimensión máxima de la pieza, que es lo que en este estudio es importante, se han corregido todas las medidas y se han trasladado los valores máximos al campo de longitud. De este modo, cuando en este trabajo se hace mención a la longitud máxima, se refiere a la máxima dimensión del objeto. En ambos casos (industria lítica y fauna), se ha aplicado la corrección FDR para comprobar cómo afecta este ajuste a los datos, en función de las variables empleadas y las relaciones espaciales aplicadas. Cada análisis aplicado ha tenido en cuenta las relaciones espaciales de banda fija, distancia inversa e inversa cuadrada. Todo ello ha sido analizado con una distancia de tipo euclidiana.

Este apartado del capítulo de Resultados podría estructurarse en tres grandes secciones. La primera, como ya se ha comentado, centrada en la reconstrucción paleogeográfica del nivel VII de Amalda; la segunda, en el análisis de los materiales de fauna e industria lítica analizados y con coordenadas X, Y, Z; y la tercera, dedicada al análisis de los restos de fauna clasificados durante los trabajos liderados por Altuna como "no-identificables".

### **4.2.1. Reconstrucción paleogeográfica**

La reconstrucción paleogeográfica del nivel VII del Amalda se hizo a partir de la selección de todos aquellos elementos cuyas coordenadas fueran reales y estuvieran localizadas en el punto más bajo del nivel, es decir: en la base del nivel VII. Debido a que durante los años de excavación no se tomaron puntos de referencia de los diferentes niveles excavados que permitieran conocer las bases y los techos de los niveles, ni su distribución y continuidad por todo el yacimiento, se

ha tenido que buscar una alternativa que permitiera obtener una aproximación a la paleogeografía del nivel de estudio. De esta forma, fueron seleccionados 595 puntos con coordenadas reales (Fig. 4.2.1), a los que se aplicó el método de interpolación kriging simple con un radio de 8 sectores. En la primera proyección de la paleosuperficie estimada se pudo comprobar que había un escalón muy pronunciado, algo que claramente marcaba algún tipo de error en los datos. Se comprobaron y se revisó la bibliografía para ver si se hacía mención a esta especie de escalón que aparecía hacia la mitad interior de la cueva. En la tesis doctoral de Joseba Rios-Garaizar (2012) se hace referencia a un error en las mediciones, debido a que el teodolito se encontraba a alturas diferentes a la hora de medir las bandas 5-15 y 16-21 (Altuna, 1990). La presencia de un escalón de 30 cm en el límite de los cuadros 15 y 16 responde a estos problemas de medición y no a la disposición real de los restos.

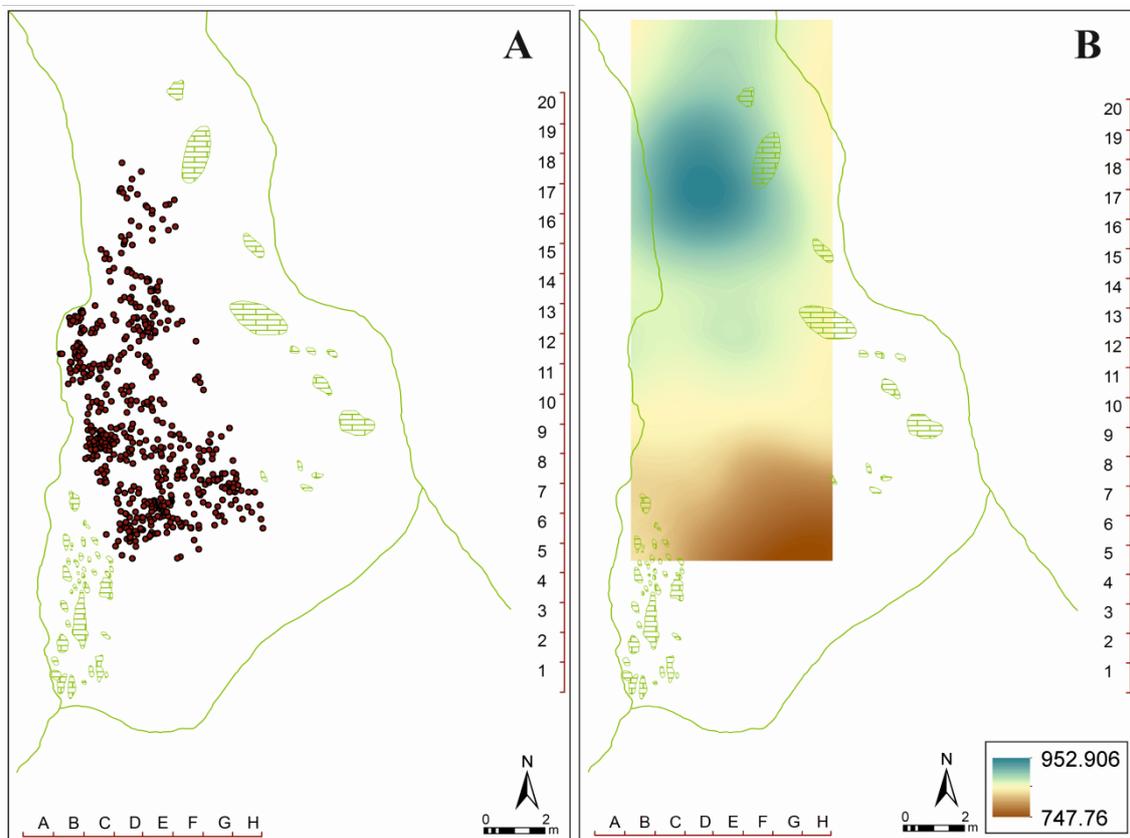


Figura 4.2.1: A) Puntos empleados para la interpolación con *kriging*. B) Resultado de la interpolación, donde se pueden observar las variaciones del relieve de la paleotopografía.

Figure 4.2.1: A) Points used for the interpolation by *kriging*. B) Result obtained from the interpolation, where it is possible to distinguish the changes in the relief of the paleotopography.

Estas cotas fueron corregidas en la base de datos, de forma que la interpolación de puntos se rehízo con los valores de Z correctos y se proyectó en 3D para comprobar que la superficie obtenida no mostrara ningún error. El resultado obtenido es una superficie continua donde se pueden apreciar las zonas más

elevadas (hacia el interior de la cavidad) y más bajas (zona de la entrada) (Fig. 4.2.2).

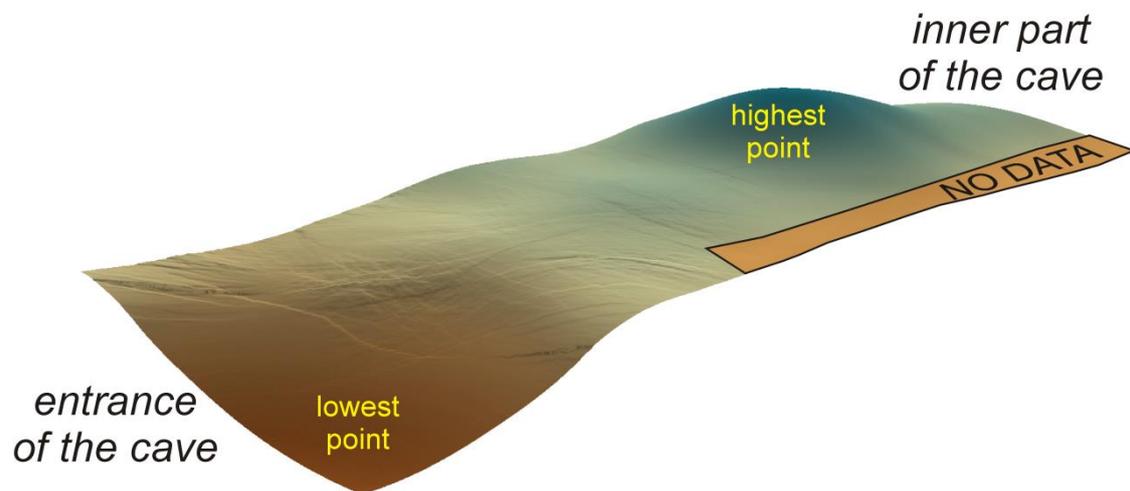


Figura 4.2.2: Paleotopografía del nivel VII de Amalda donde se pueden apreciar las zonas más altas hacia el interior de la cavidad y las zonas más bajas hacia la entrada.

*Figure 4.2.2: Paleotopography of the level VII of the Amalda site, where it is possible to observe the higher zones towards to the inner part of the cave and the lower zones at the entrance.*

Otra cuestión a tener en cuenta es la posible existencia de un enorme bloque en la zona de la entrada de la cavidad. En las fotografías de los primeros años de excavación apenas puede apreciarse, ya que tan sólo parece asomar la parte superior (Fig. 4.2.3). Sin embargo, a medida que la excavación avanza y se va descubriendo más superficie, se aprecia que el bloque va adquiriendo unas dimensiones considerables. Este hecho es importante, ya que la depresión que se ve en la superficie interpolada en la zona más cercana a la entrada puede corresponder a la deformación del depósito debido a la caída de dicho bloque, y no a un relieve natural del nivel. En la monografía publicada (Altuna, 1990) no se menciona la existencia ni la excavación de este bloque, por lo que no podemos saber en qué nivel apoya. En otras zonas del yacimiento se identificó el fenómeno de *carga por hidroplasticidad*, al que se hace referencia como “microdiapiro” (Altuna, 1990), por lo que no sería extraño que este fenómeno también ocurriera en esta parte del yacimiento. Esto podría encajar con la escasa existencia de restos en esta zona del yacimiento, aun a pesar de encontrarse excavada. Las proyecciones llevadas a cabo con el modelo 3D de la cueva, generado durante la campaña de 2017 con el escáner láser FARO, han permitido aproximar la ubicación del bloque (Fig. 4.2.3). La combinación de las fotografías antiguas, la planta de

excavación publicada en la monografía (Altuna, 1990) y el modelo 3D de Amalda han sido determinantes para situar el bloque en su contexto.

Se ha podido determinar que el bloque observado queda fuera del área interpolada, ya que se encuentra en una posición muy exterior del área de excavación, prácticamente en línea con la visera del abrigo, y que con toda probabilidad corresponde a un episodio de caída del techo de la cueva. Según se puede ver en la Fig. 4.2.3, el nivel VIII (por debajo del nivel VII) fue excavado en la zona donde queda el bloque (la fotografía de Altuna parece corresponder a esa fase de excavación, ya que muestra la misma geometría), pero los puntos que se han empleado para la interpolación quedan en una posición más interior a donde se encuentra el bloque situado. De esta forma, este bloque no habría afectado al relieve del nivel VII, por lo que la depresión que se encuentra a la entrada de la cavidad correspondería a otros procesos de la evolución paleotopográfica del nivel.

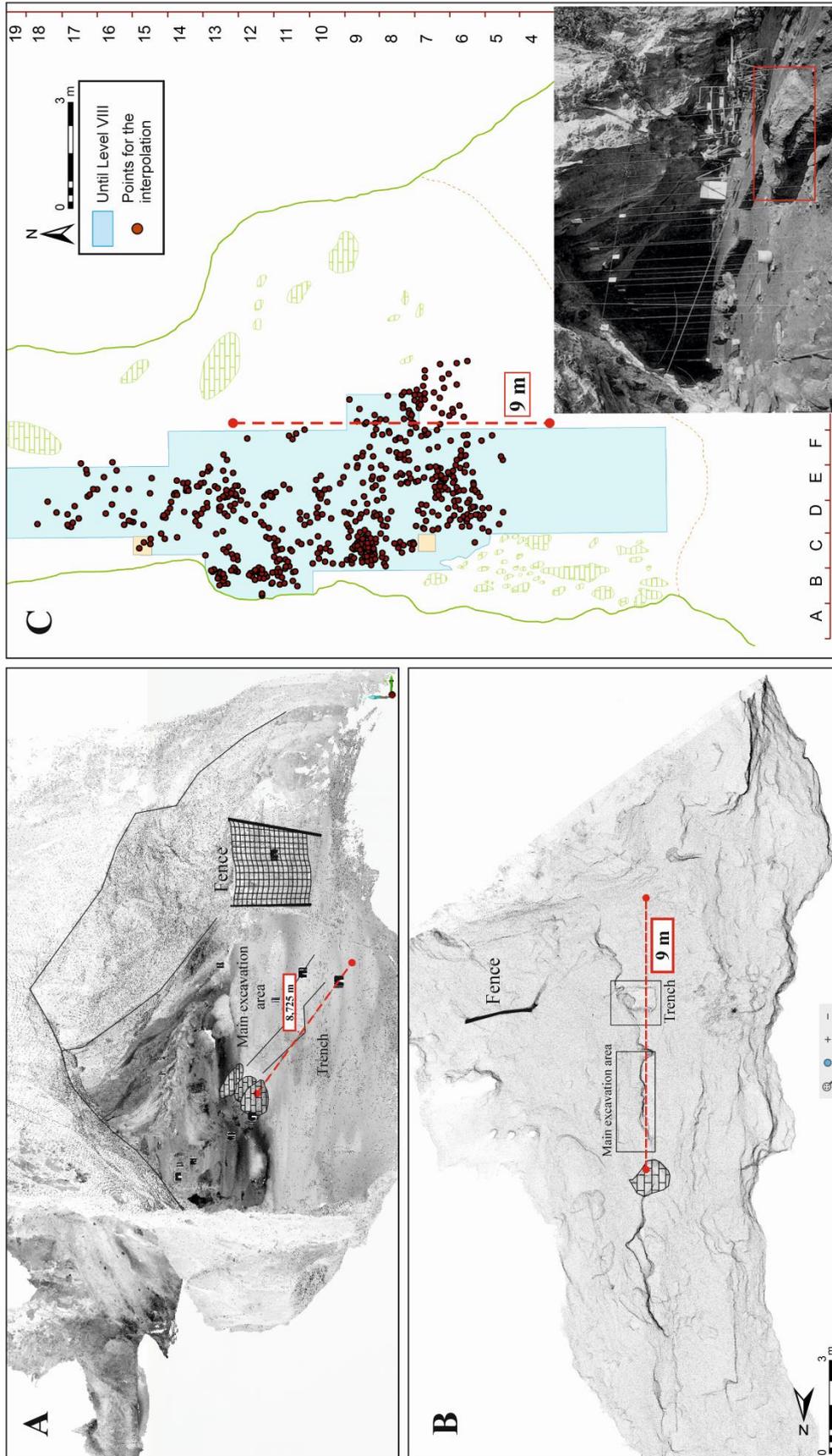


Figura 4.2.3: Composición del modelo 3D generado a partir del escaneo de la cueva de Amalda donde se puede ver la posición de la zona excavada por el equipo actual durante la campaña de 2017 y la distancia entre los bloques y la zona más exterior donde podría estar situado el bloque. Vistas en perspectiva, siguiendo la orientación de la foto de Altuna (A), y en planta (B). Vista en planta del área excavada hasta el nivel VIII y los puntos empleados para la interpolación del nivel VII de Amalda (C).

Figure 4.2.3: 3D model created by the scanning of the Amalda cave, where it is possible to see the location of the excavated area by the current team during the 2017 fieldwork, the distance between the blocks and the external part of the cave where the block could have been located. A) Perspective view according to the Altuna's photograph. B) View from the top. C) Map of the area excavated until the VIII level and the points used for the interpolation of the level VII of Amalda.

#### 4.2.1.1. Estadística inferencial aplicada a los valores de cota

Además de la interpolación de puntos para inferir la paleotopografía del nivel VII de Amalda, se ha aplicado la herramienta de estadística inferencial Getis-Ord  $G_i^*$  y Anselin Local Moran's I para contrastar los datos obtenidos en kriging con los valores de cota y la distribución espacial de estos valores.

La aplicación de Getis-Ord  $G_i^*$  a los datos de fauna e industria considerando la coordenada Z como variable a analizar, ha arrojado resultados bastante similares entre sí (Fig. 4.2.4).

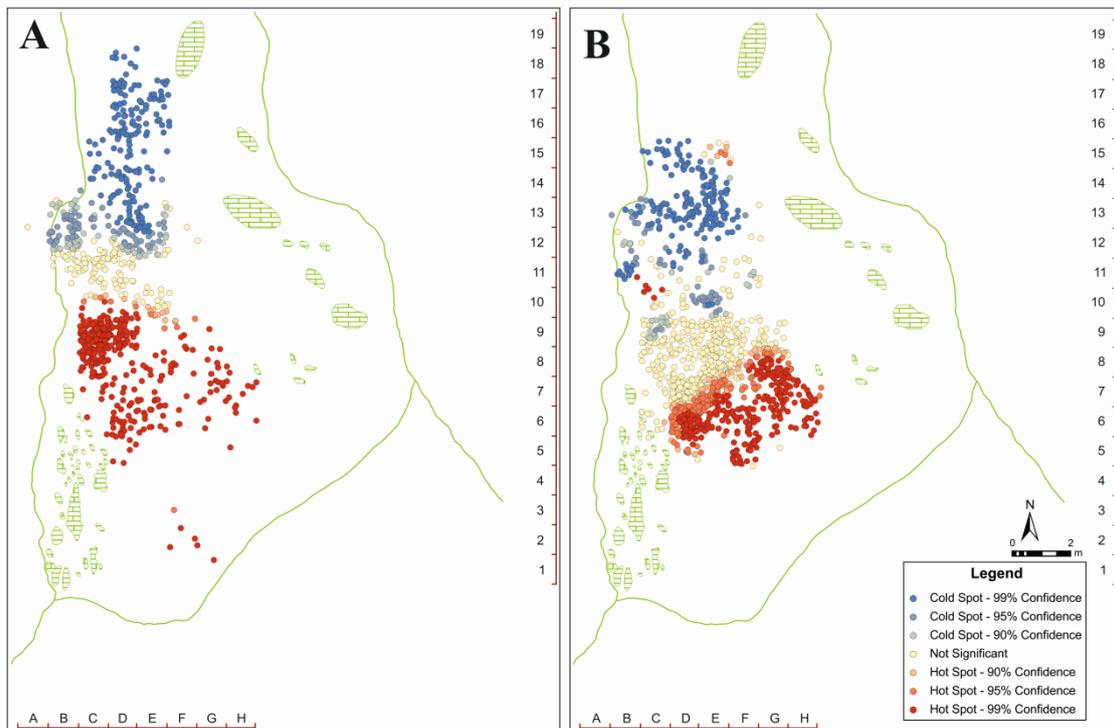


Figura 4.2.4: Plantas de distribución de restos de fauna (A) e industria lítica (B) obtenida tras la aplicación de la herramienta Getis-Ord  $G_i^*$ , donde se muestra la clasificación de agrupaciones *hotspots* y *coldspots* según la cota de cada pieza registrada.

Figure 4.2.4: Distribution map of faunal (A) and lithic (B) remains obtained according to the application of the Getis-Ord  $G_i^*$  tool, where it is showed the hotspots and coldspots classification by the altitude of each registered remain.

En ambos casos, los datos clasificados como *hotspots* se encuentran desde la mitad de la cavidad hasta la zona de la entrada, coincidiendo con aquellas coordenadas con valores mayores. Estos datos indican a partir de qué punto se empieza a encontrar la mayor inclinación del terreno y las cotas empiezan a presentar

valores mayores. Hay una zona de *incertidumbre* en el que los valores se muestran como no significativos, los cuales apuntan a que no hay un patrón de agrupación estadísticamente significativo. A partir de esta zona de valores no significativos hacia el interior, se encuentra la agrupación *coldspot*. Al igual que ocurre con la agrupación *hotspot*, esta acumulación de valores más bajos indica que hacia esa zona de la cavidad se da un cambio en la topografía del nivel VII y se encuentra una mayor concentración de materiales con cotas que indican una elevación del terreno.

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación de Anselin Local Moran's son bastante similares a los proyectados por Getis-Ord  $G_i^*$ . Se puede ver una zona de datos no estadísticamente significativos hacia la mitad de la cavidad (Fig. 4.2.5), la cual sirve como *frontera* para separar las dos grandes agrupaciones estadísticamente significativas, en este caso zonas altas y bajas. Desde esta zona no significativa hacia el interior, los restos son clasificados con un bajo grado de agrupamiento. Esto coincide con los valores bajos marcados como *coldspots* por Getis-Ord  $G_i^*$ , por lo que el grado de agrupamiento marcado por la herramienta Anselin Local Moran's se hace en base al valor bajo de las cotas. Por otra parte, el conjunto de puntos marcado con un alto grado de agrupamiento se encuentra hacia la zona de la entrada de cavidad, lo que coincide con los *hotspots* marcados por Getis-Ord  $G_i^*$ . De esta forma, el grado de agrupamiento viene dado por los valores altos de los puntos. En los puntos marcados con un bajo índice de agrupamiento (en azul claro), se pueden apreciar algunos puntos de color rojo (*high outlier*), los cuales son indicativos de la presencia de valores altos rodeados de valores bajos (Fig. 4.2.5). En la planta de lítica, además de los puntos rojos, se pueden apreciar puntos de un color azul más oscuro (*outlier*), los cuales indican que se tratan de elementos de valor bajo pero rodeados de valores altos. La presencia o ausencia de estos *outliers*, así como la presencia de más o menos, dependerá de los parámetros que se introduzcan a la hora de hacer el análisis y el radio de influencia.

Si atendemos al resultado obtenido de la interpolación de puntos para la reconstrucción paleogeográfica de la base del nivel VII, se puede apreciar que la zona donde comienza la pendiente hacia cotas más bajas es desde la mitad de la cavidad hacia la zona de entrada, mientras que las zonas más altas se encuentran hacia el interior de la cavidad (Figs. 4.2.1 y 4.2.2).

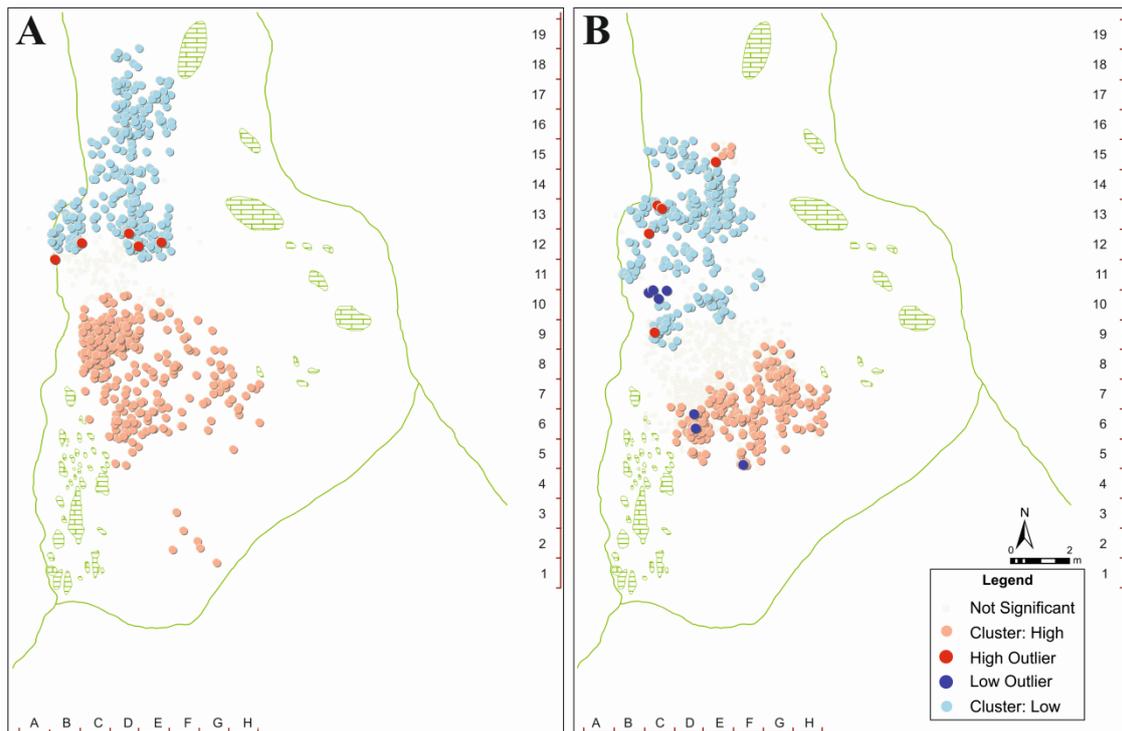


Figura 4.2.5: Plantas de distribución de fauna (A) y lítica (B) obtenida tras la aplicación de la herramienta Anselin Local Moran's I, donde se muestra la clasificación de agrupaciones *hotspots* y *coldspots* según la cota de cada pieza registrada.

Figure 4.2.5: Distribution map of faunal (A) and lithic (B) remains obtained according to the application of the Anselin Local Moran's I tool, where it is showed the hotspots and coldspots classification by the altitude of each registered remain.

#### 4.2.2. Densidades

Los datos que se han empleado para llevar a cabo el estudio de densidad de los materiales de Amalda han sido variados, desde la industria lítica hasta la fauna, pasando por variables más concretas como materias primas y soporte, especies y elementos anatómicos, tipo de alteración, aspectos tafonómicos, etc. Para el análisis de densidad kernel se empleó un radio de búsqueda de 0,50 m, el cual resultó ser el más adecuado dada la extensión y el número de elementos a analizar. El resultado obtenido fue bastante sorprendente, ya que se observó que las zonas de máxima concentración de materiales no coincidían en el caso de la fauna y la industria lítica (Fig. 4.2.6). De hecho, ambas concentraciones se encuentran situadas una frente a la otra, separadas por un espacio en el que apenas hay material. Este espacio fue analizado para ver si se trataba de algún tipo de error o resultado de la modelización de puntos que realizada (Rios-Garaizar, 2012). Se pudo comprobar que simplemente se trataba de una zona en la que hay muy poco material, enmarcada por las dos principales agrupaciones de material lítico y fauna.

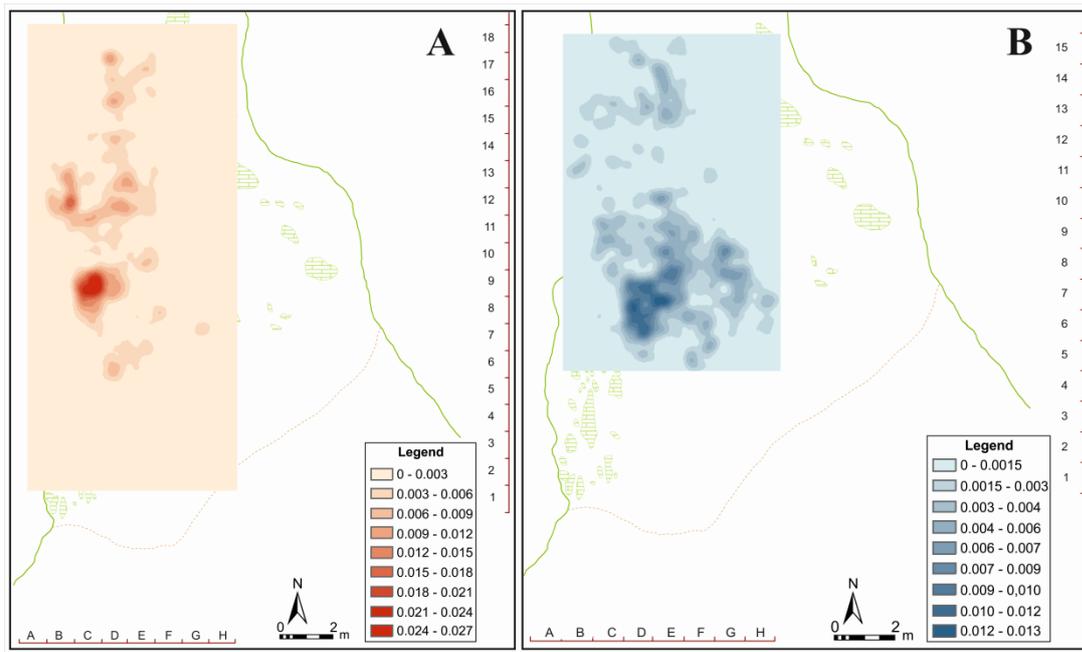


Figura 4.2.6: Plantas de densidad kernel correspondientes a los restos de fauna (A) e industria lítica (B).

Figure 4.2.6: Kernel density map of faunal remains (A) and lithic industry (B).

Además de la aplicación del método de densidad kernel para conocer las zonas de máxima concentración de materiales, se aplicó el método de clasificación por cortes naturales Jenks con el objetivo de conocer las agrupaciones naturales inherentes a los datos seleccionados. Este método permite clasificar los datos en función de unos límites establecidos que marcan las diferencias más significativas entre los valores de los datos. De esta forma, los datos de densidad de Amalda pudieron ser clasificados, además de contrastados con los métodos de análisis que a continuación se expondrán. Como se puede ver en la Fig. 4.2.7, la clasificación obtenida identifica las mayores acumulaciones de material en los mismos puntos que el análisis de densidad kernel y el resto de herramientas aplicadas para la identificación de agrupaciones estadísticamente significativas.

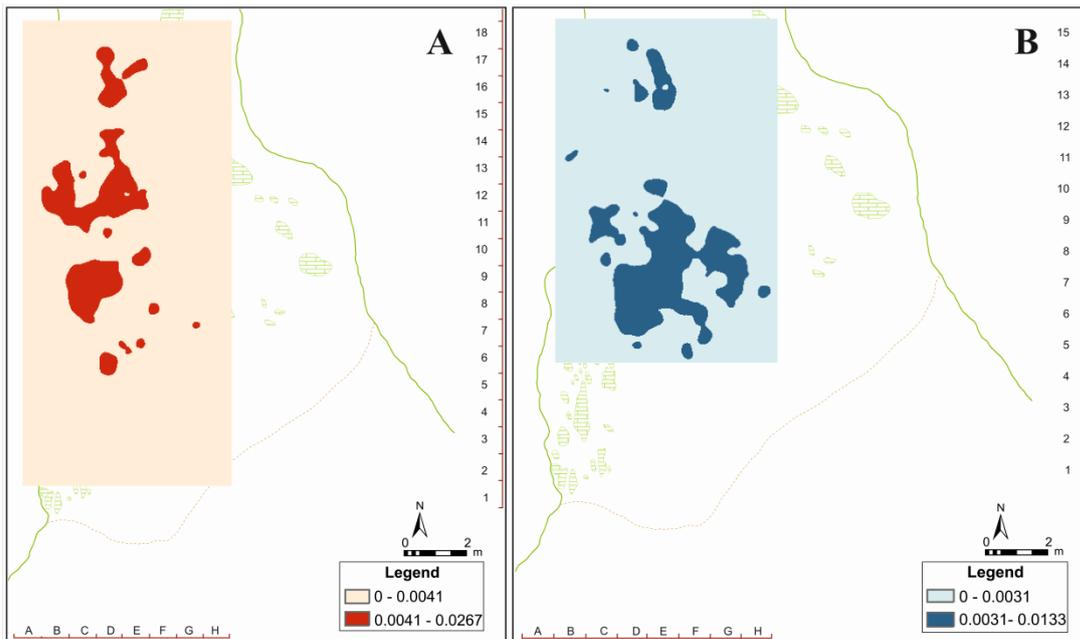


Figura 4.2.7: Planta donde se muestran las zonas de mayor acumulación correspondientes a la fauna (A) y a la industria lítica (B) según la clasificación por grupos naturales Jenks.

*Figure 4.2.7: Natural Breaks Classification (Jenks) method applied to faunal remains (A) and lithic industry (B).*

Los resultados obtenidos a partir de la densidad kernel y su clasificación han permitido observar que las zonas de máxima densidad de fauna e industria no coinciden, por lo que es necesario ahondar en los datos y comprobar la significancia estadística de estas distribuciones aparentemente diferenciadas.

#### 4.2.3. Definición de acumulaciones principales

Para la definición de los principales conjuntos de materiales, se ha llevado a cabo una combinación de métodos de análisis. Partiendo de los datos obtenidos con los análisis de densidad kernel y su clasificación por grupos naturales Jenks, se han aplicado una serie de análisis para conocer, según criterios estadísticos, las acumulaciones más significativas. De esta forma, se han aplicado los análisis Getis-Ord  $G_i^*$  y Anselin Local Moran's I a los conjuntos de datos de industria lítica y fauna.

Previamente a la aplicación de estos análisis, se han analizado si los materiales por cuadro se encontraban agrupados, dispersos o aleatoriamente distribuidos. Para ello, se han calculado los estadísticos Chi-cuadrado y Kolmogorov-Smirnov según el número de restos analizados ( $n = 1972$ ) y el número de cuadros ( $n = 96$ ). Los resultados obtenidos para ambos indican que los elementos, tanto de industria lítica como de fauna, se encuentran agrupados, mostrando valores críticos inferiores a los valores calculados para Chi y K-S según un nivel de significancia de  $p = 0,95$ . Para el conjunto de industria lítica ( $n = 1159$ ), el estadístico  $X^2$  muestra  $1,31E59 > 43,773$ , mientras que para fauna ( $n = 813$ ) es de  $3,11E+69 > 37,652$ ;

para todo el conjunto de restos, el resultado es similar:  $1,55E+66 > 43,773$ . En el caso de K-S, los resultados muestran que el conjunto de elementos también se encuentra agrupado, siendo el valor para K-S (96) mayor que el valor crítico para todos los casos:  $0,541 > 0,138$  para fauna,  $0,517 > 0,138$  para industria y  $0,525 > 0,138$  para el conjunto de materiales.

Asimismo, se han llevado a cabo otros análisis con el objetivo de ahondar en la distribución de los restos, ya que se han observado patrones aparentemente diferenciados entre la fauna y la industria, y los estadísticos calculados indican un patrón agrupado de los materiales. De esta forma, se han analizado los vecinos próximos (ANN) de los puntos proyectados, así como el índice de Global Moran's I, la autocorrelación espacial incremental y la función K de Ripley según la distribución de los puntos y los cuadros.

Los resultados de ANN claramente indican que la distancia media de los puntos proyectados es claramente inferior a la distancia esperada de una hipotética distribución aleatoria (Tabla 4.2.1), indicando una clara agrupación de los restos.

	All	Lithic	Fauna
<b>Average Nearest Neighbour (ANN)</b>			
NN Observed	8,02	9,46	11,868
NN Expected	13,341	12,13	17,649
NN ratio	0,601	0,779	0,672
NN z-score	-33,824	-14,335	-17,745
p value	0	0	0
<b>Ripley's K Function</b>			
Maximum difference observed-expected	122,535	47,496	71,853
<b>Global Moran's I</b>			
Moran's index	0,429	0,535	0,318
Expected index	-0,01	-0,01	-0,01
Z-score	5,893	7,449	4,705
p value	0	0	0
<b>Incremental Global Moran's I</b>			
Maximum peak (m)	2,579	2,579	3,369
Distribution	Unimodal	Unimodal	Unimodal
Z-score	6,824	9,72	4,35

Tabla 4.2.1: Resultados obtenidos tras a la aplicación de los estadísticos para el cálculo de los patrones espaciales.

*Table 4.2.1: Results obtained after the application of statistical tests for the calculation of spatial patterns.*

Por otra parte, Global Moran's I también apunta a un patrón de distribución agrupado para todos los casos analizados (Tabla 4.2.1) en el caso del análisis de puntos por cuadro. La autocorrelación espacial incremental ha permitido detectar las distancias donde se dan las máximas agrupaciones, siendo coincidentes en el caso de la proyección de todos los restos y la industria lítica (Tabla 4.2.1). La aplicación de la función K de Ripley ha permitido corroborar la naturaleza agrupada de los datos (Tabla 4.2.1, Fig. 4.2.8), así como verificar si hay variaciones en la agrupación de los materiales en un rango de distancias (De la Torre et al., 2018).

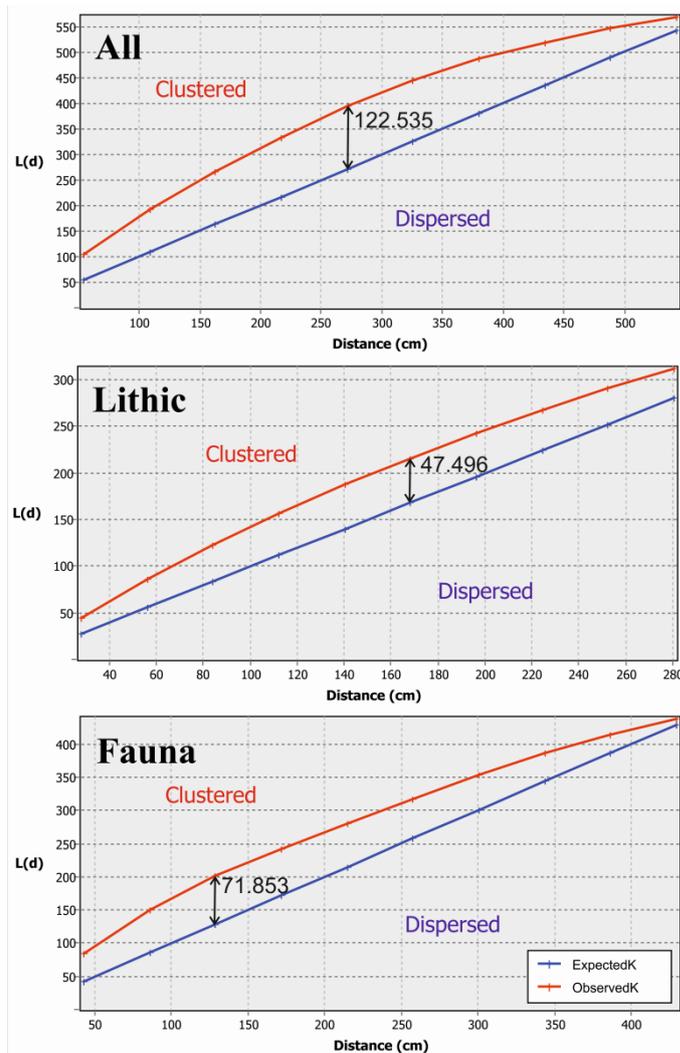


Figura 4.2.8: Gráfica de la función K de Ripley para todos los casos analizados. Están marcados los puntos de máxima diferencia entre valores observados y esperados, indicando de esta forma la distancia a la que se da la máxima concentración de materiales.

*Figure 4.2.8: K Ripley's function graphs for all the cases analyzed. The maximum difference between observed and expected values is highlighted, indicating the distance where the maximum concentration of materials is.*

#### 4.2.3.1 Getis-Ord $G_i^*$

El análisis de agrupaciones Getis-Ord  $G_i^*$  se ha realizado en dos tipos de datos. Por una parte, los archivos de puntos de industria lítica y de fauna según la longitud máxima de los materiales; y por otra, el análisis de cuadrantes según el número de puntos contenidos en cada cuadro. De esta forma, se analizan los patrones de dispersión de elementos y se identifican las agrupaciones estadísticamente significativas que engloben valores altos y bajos según la longitud de los materiales y la agrupación de los mismos en función de su posición espacial.

En cuanto a los datos referidos a la industria, según la variable de máxima longitud, el resultado obtenido aplicando la relación espacial de banda fija muestra una clara agrupación de valores bajos (*coldspot*) en una zona situada hacia la mitad oeste de la cavidad (Fig. 4.2.9), mientras que las agrupaciones de valores altos (*hotspot*) se dan hacia el interior de la cavidad y en una zona muy próxima a la concentración principal, hacia el este de la cavidad. La aplicación de la corrección FDR apenas varía la distribución y extensión de los conjuntos resaltados. En el caso de la distancia inversa, se aprecia de manera mucho menos clara la concentración de valores bajos identificada por la banda fija y una distribución mucho más dispersa de los valores altos (Fig. 4.2.9), sin conformar ningún tipo de concentración. La corrección FDR resulta aún más confusa, ya que apenas aporta información acerca de patrones de acumulación de valores. Por último, la banda inversa cuadrada muestra resultados muy similares a la inversa, pero con la diferencia de que la acumulación *coldspot* que se veía en las dos bandas anteriores desaparece completamente y la distribución de valores altos es aún más dispersa (Fig. 4.2.9). Al igual que ocurre con la inversa, la aplicación de FDR no delimita la concentración de valores y tampoco arroja información relevante acerca de la distribución de los materiales.

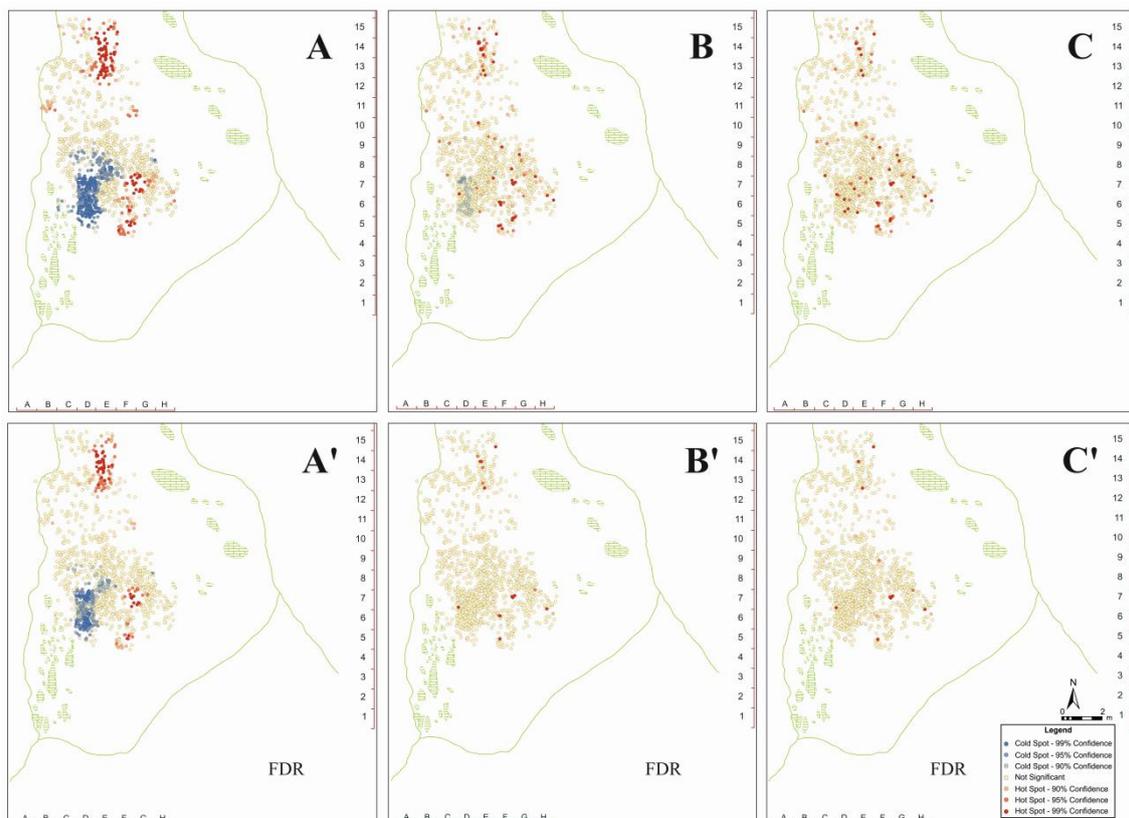


Figura 4.2.9: Resultados obtenidos tras la aplicación de Getis-Ord  $G_i^*$  a los datos de industria lítica según la variable de longitud máxima. Se han analizado las tres relaciones espaciales de banda fija (A), distancia inversa (B) e inversa cuadrada (C), con (A, B, C) y sin (A', B', C') la aplicación de la corrección FDR.

Figure 4.2.9: Results obtained after the application of Getis-Ord  $G_i^*$  according to the variable of maximum length for lithic industry. The three spatial relationships have been analyzed: fixed band (A), inverse distance (B) and inverse distance squared (C), with (A, B, C) and without (A', B', C') the application of the FDR correction.

Es importante destacar que la acumulación principal de valores bajos no se encuentra en la zona de máxima depresión del terreno (Fig. 4.2.10), sino que se encuentra en una zona bastante plana. En el caso de las acumulaciones de valores altos, se puede apreciar cómo la que queda en la parte más exterior de la cavidad, adyacente a la concentración *coldspot*, se localiza en los márgenes de dicha depresión, y no en el fondo de la misma.

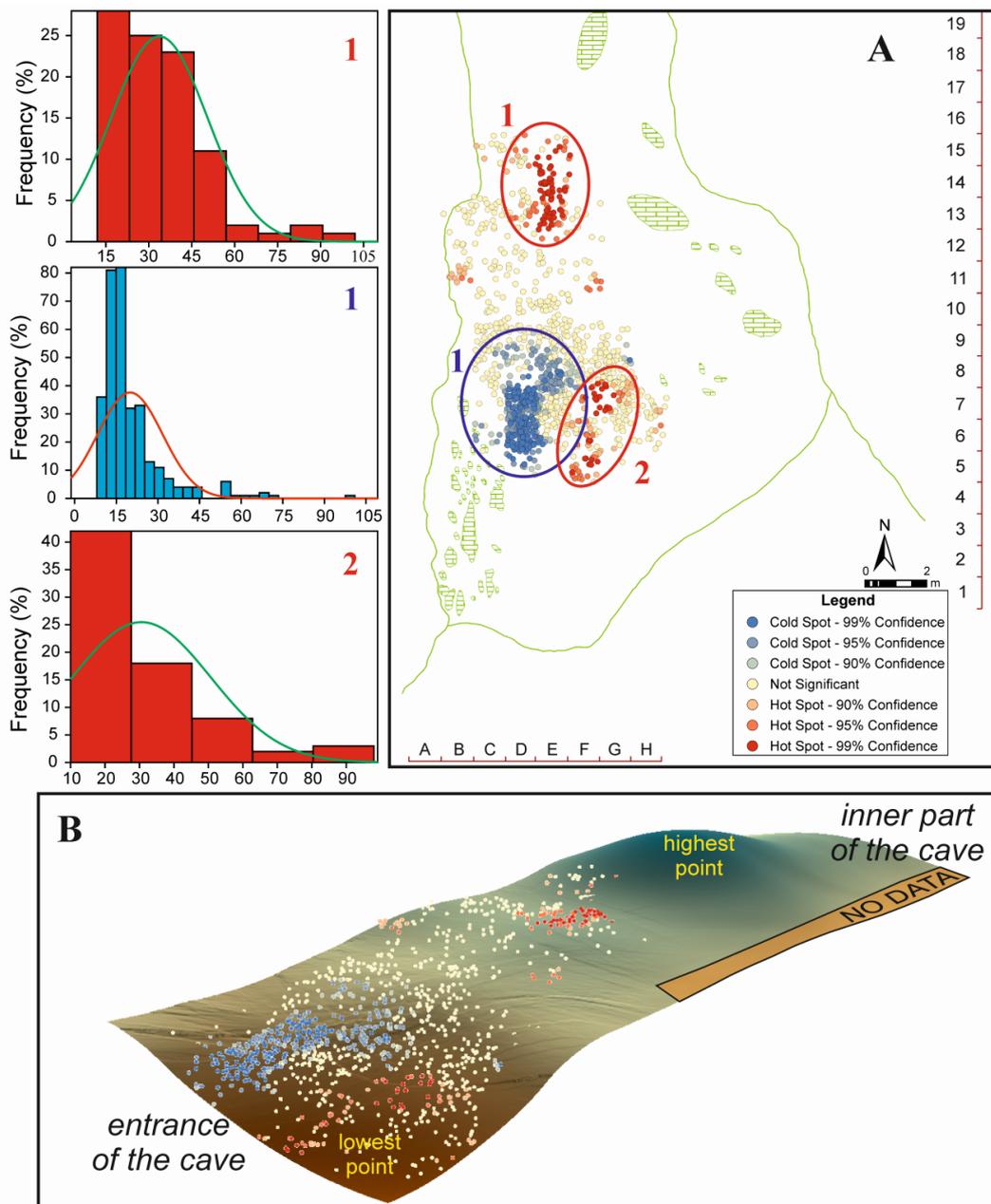


Figura 4.2.10: A) Planta de materiales líticos con las diferentes agrupaciones marcadas por Getis-Ord  $G_i^*$  según la longitud máxima de las piezas. B) Paleotopografía del nivel VII de Amalda con la proyección de materiales líticos y las agrupaciones diferenciadas según Getis-Ord  $G_i^*$ .

Figure 4.2.10: A) Map with the different groups classified by Getis-Ord  $G_i^*$  according to the maximum length for the lithic remains. B) Paleotopography of the level VII of Amalda with the superposition of the lithic remains and the groups classified by Getis-Ord  $G_i^*$ .

Los conjuntos de valores altos muestran una longitud media de 33,6 mm (para la concentración localizada hacia la zona más interior de la cueva) y de 30,5 mm (para la que se encuentra en la zona de la entrada) (Tabla 4.2.2). En cuanto a las materias primas, destaca el sílex frente al resto de materias primas, aunque en ambas concentraciones se han encontrado herramientas elaboradas en lutita, limonita, ofita, cuarzo, cuarcita o vulcanita. Por su parte, en el caso de la concentración *coldspot* se da una longitud media de unos 20 mm (19,97 mm), siendo también el sílex la materia prima predominante sobre las demás que también han sido identificadas en este conjunto (cuarzo, cuarcita, lutita, ofita, vulcanita).

Cluster	n	Mean (mm)	Stdev
Coldspot 1	320	19,978	11,693
Hotspot 1	93	33,677	16,759
Hotspot 2	73	30,562	20,128

Tabla 4.2.2: Longitud media y desviación estándar de los conjuntos *coldspot* y *hotspot* identificados a partir de la aplicación de Getis-Ord  $G_i^*$  al conjunto de industria lítica.

Table 4.2.2: Mean length and standard deviation for the *coldspot* and *hotspot* clusters identified in the lithic assemblage by Getis-Ord  $G_i^*$ .

En cuanto al análisis Getis-Ord  $G_i^*$  según la variable de longitud para los restos de fauna coordinados en campo (los clasificados por Altuna como “identificables”), se ha observado un patrón bastante similar al de la industria lítica. Los resultados obtenidos con la variable de banda fija (Fig. 4.2.11A) muestran una acumulación de valores bajos (*coldspot*) ( $n=63$ ) hacia el oeste del área excavada, justo por encima del *cluster coldspot* identificado en la proyección de materiales líticos (aproximadamente entre las bandas 5 a la 8 y la banda D). Por encima de este *cluster coldspot* hay otro, más reducido ( $n=37$ ), que podría pertenecer al mismo pero que en la proyección aparecería separado debido a la falta de material que hay entre ambos. En este análisis se van a tratar por separado. Ambos conjuntos no están compuestos por una gran cantidad de materiales, sobre todo si se comparan con los conjuntos obtenidos para los restos de industria lítica.

Por otra parte, hay dos concentraciones de valores altos hacia el sur y sureste, bastante discretos, comprendiendo un número de restos bastante reducido (Fig. 4.2.11A). De hecho, uno de ellos (el situado al sur, más próximo a la entrada de la cavidad) es prácticamente eliminado al aplicar la corrección FDR (Fig. 4.2.11A'), algo que también sucede con el conjunto *coldspot* principal. Las distancias inversa e inversa cuadrada (Fig. 4.2.11B y C) muestran resultados muy similares entre sí, pero muy diferentes respecto a la banda fija, con puntos *hotspot* muy dispersos, sin acumulaciones destacables y con ausencia de conjuntos *coldspot*. La aplicación de

FDR aumenta dicha dispersión de puntos de valores altos al eliminar bastantes de los puntos *hotspots* resaltados sin la aplicación de dicho parámetro.

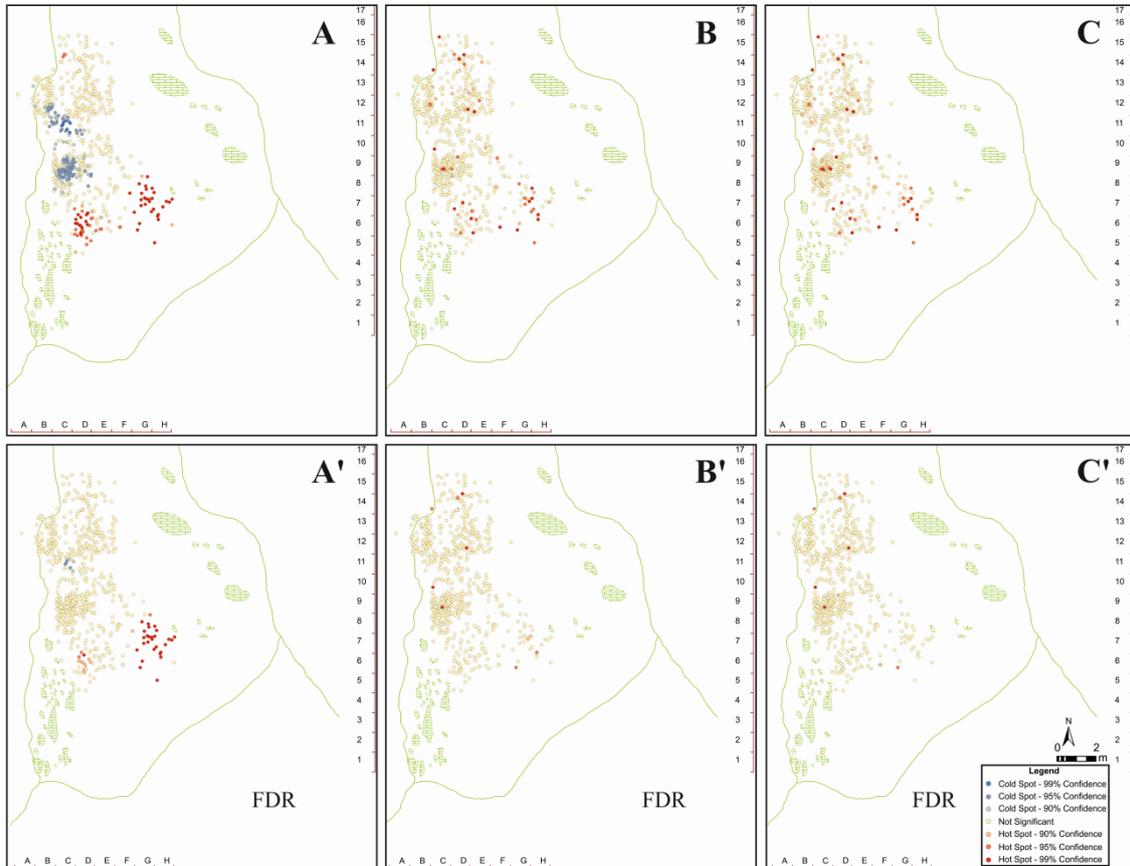


Figura 4.2.11: Resultados obtenidos tras la aplicación de Getis-Ord  $G_i^*$  a los datos de fauna según la variable de longitud máxima. Se han analizado las tres relaciones espaciales de banda fija (A), distancia inversa (B) e inversa cuadrada (C), con y sin la aplicación de la corrección FDR.

Figure 4.2.11: Results obtained after the application of Getis-Ord  $G_i^*$  according to the variable of maximum length for the faunal remains. The three spatial relationships have been analyzed: fixed band (A), inverse distance (B) and inverse distance squared (C), with (A, B, C) and without (A', B', C') the application of the FDR correction.

En cuanto a las longitudes de los restos de fauna, los conjuntos *coldspots* muestran dimensiones dispares (Fig. 4.2.12A), ya que el *cluster coldspot* del interior (1) muestra una longitud media de unos 25,5 mm, mientras que el otro *cluster coldspot* (2) presenta una longitud media de unos 33,6 mm (Tabla 4.2.3). En este punto, es importante destacar que esta diferencia puede deberse al tamaño muestral, que hace que ambos conjuntos *coldspot* sean difícilmente comparables (Tabla 4.2.3). Por otra parte, los conjuntos *hotspots*, aun siendo muy parecidos en cuanto al número de restos, hay una gran disparidad en cuanto a la longitud media. En el *cluster hotspot* del sur ( $n=33$ ), se da una longitud media de unos 38 mm, mientras que en el *cluster hotspot* del sureste ( $n=29$ ), aumenta la longitud hasta los 68 mm (Fig. 4.2.12A).

Al proyectar el resultado Getis-Ord  $G_i^*$  sobre la paleotopografía el nivel VII de Amalda (Fig. 4.2.12B), se puede observar que el conjunto *coldspot* más numeroso corresponde a la zona donde se da la principal acumulación de fauna, tal y como se ha podido ver en los resultados de densidad kernel. Este conjunto está localizado en una zona intermedia que presenta un relieve más llano (Fig. 4.2.12B), muy próxima a la zona donde se encuentra la acumulación *coldspot* identificada en los restos de industria lítica. El conjunto *coldspot* menos numeroso (el que se encuentra en una posición más hacia el interior de la cavidad), también está en una zona muy regular en cuanto al relieve, e incluso ligeramente más elevada que el resto de *clusters* (Fig. 4.2.12B). Por otra parte, el conjunto *hotspot* situado al sur, se encuentra en una posición más baja pero de paleotopografía más llana, algo que no sucede con el otro *cluster hotspot*. Este conjunto se encuentra localizado en la zona de mayor depresión del terreno.

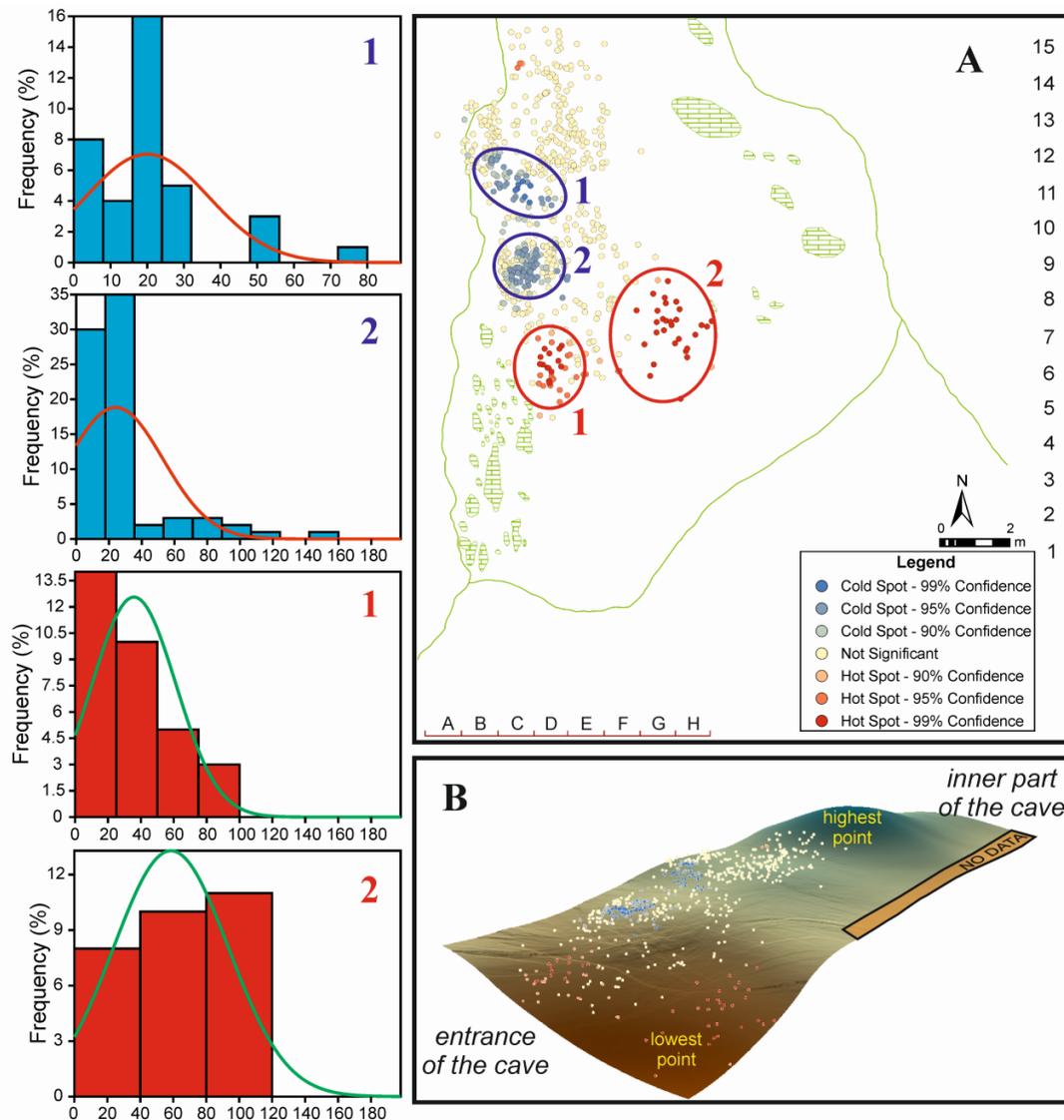


Figura 4.2.12: A) Planta de materiales óseos con las diferentes agrupaciones marcadas por Getis-Ord  $G_i^*$  según la longitud de los restos de fauna. B) Paleotopografía del nivel VII de Amalda con la proyección de los materiales de fauna y las agrupaciones diferenciadas según Getis-Ord  $G_i^*$ .

Figure 4.2.12: A) Map with the different groups classified by Getis-Ord  $G_i^*$  according to the maximum length for the faunal remains. B) Paleotopography of the level VII of Amalda with the superposition of the faunal remains and the groups classified by Getis-Ord  $G_i^*$ .

Cluster	n	Mean (mm)	Stdev
Coldspot 1	37	20	16,765
Coldspot 2	77	24,026	28,976
Hotspot 1	32	35,781	25,406
Hotspot 2	29	58,621	34,812

Tabla 4.2.3: Longitud media y desviación estándar de los conjuntos *coldspot* y *hotspot* identificados a partir de la aplicación de Getis-Ord  $G_i^*$  al conjunto de restos de fauna.

Table 4.2.3: Mean length and standard deviation for the *coldspot* and *hotspot* clusters identified in the faunal assemblage by Getis-Ord  $G_i^*$ .

Al comparar ambas distribuciones (restos líticos y fauna), se observa que los conjuntos *coldspots* para ambas variables componen las zonas de mayor acumulación de materiales. Sin embargo, se puede apreciar que la significancia estadística de los elementos *coldspot* de los huesos es menor a la que muestran los resultados para la industria lítica. El *cluster hotspot* de fauna localizado al sur coincide claramente con el *cluster coldspot* de lítica, lo que parece indicar que donde se da la mayor acumulación de restos líticos de menor longitud hay una pequeña concentración de huesos más grandes. Como se puede apreciar en las Fig. 4.2.10 y Fig. 4.2.12, el conjunto *coldspot* para la industria muestra una longitud media de los restos de unos 18,33 mm, mientras que los huesos contenidos en el *cluster hotspot* tienen una longitud media de 25 mm. Todas las acumulaciones principales de materiales, las cuales coinciden con acumulaciones *coldspots*, se encuentran localizadas en zonas llanas intermedias, incluso, como en el caso de la fauna, ligeramente más elevadas. Sin embargo, los conjuntos de valores altos se encuentran situados en posiciones más variables, ya que se observan conjuntos en zonas más estables y otros en zonas claramente más deprimidas.

En cuanto a los análisis por cuadrantes, se han llevado a cabo con los datos de fauna e industria lítica utilizando como variable el conteo de elementos por cuadro. Los datos obtenidos para la industria lítica muestran similitudes entre las relaciones espaciales inversa e inversa cuadrada (Fig. 4.2.13B y C), mientras que la banda fija (Fig. 4.2.13A) muestra diferencias respecto a las otras dos. En el caso de esta última, se observa una concentración bastante extensa de cuadros con un 99% de confianza estadística, una extensión que se ve reducida de seis a 2 cuadros tras la aplicación de la corrección FDR (Fig. 4.2.13A'). Como se puede ver en la planta donde se superponen los puntos (Fig. 4.2.13D, E y F), los cuadros con mayor significancia estadística no solo engloban a aquellos con mayor cantidad de elementos, sino que también integran los cuadros adyacentes a los que contienen mayor cantidad de restos. FDR restringe mucho el área de confianza estadística al 99%, pero también resalta cuadros en los que hay una menor cantidad de puntos.

La distancia inversa y la inversa cuadrada son prácticamente iguales (Fig. 4.2.13B y C), con una mínima diferencia en la aplicación de la corrección FDR. En estos casos, ambas relaciones espaciales se ajustan con mucha mayor precisión a la distribución y concentración de restos (Fig. 4.2.13B' y C'). La corrección FDR restringe tanto los resultados que hace que se pierda información. De esta forma, el tipo de relación espacial que parece más adecuado para estos datos es el de relación inversa e inversa cuadrada sin la corrección FDR.

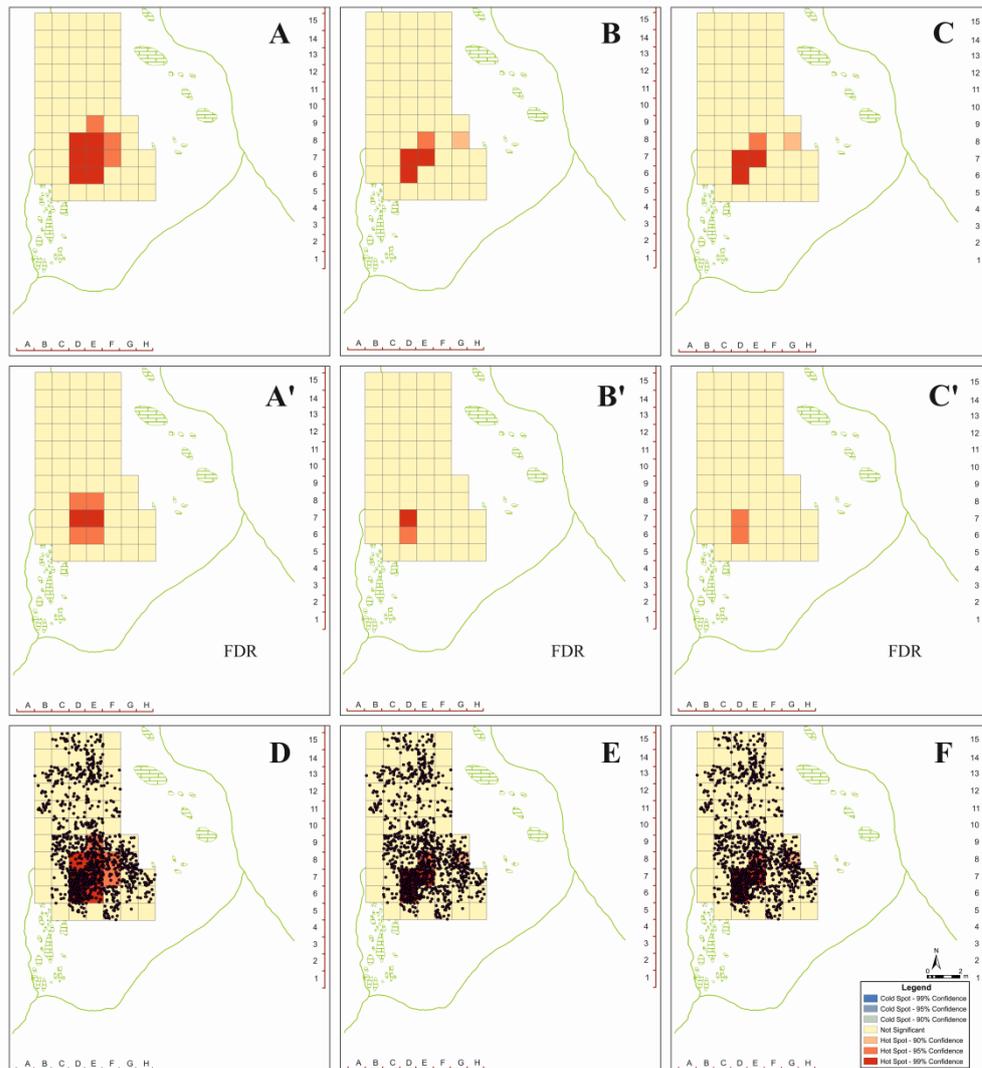


Figura 4.2.13: Resultados obtenidos tras la aplicación de Getis-Ord  $G_i^*$  para el análisis de los cuadrantes según el número de restos de industria lítica contenidos en cada cuadro. Se han aplicado las tres relaciones espaciales: banda fija (A), distancia inversa (B) e inversa cuadrada (C), con (A, B, C) y sin (A', B', C') la corrección FDR. Las figuras D, E y F corresponden a la superposición de los puntos correspondientes a la lítica sobre la planta sin la corrección FDR.

*Figure 4.2.13: Results obtained after the application of Getis-Ord  $G_i^*$  for analyzing the quadrats according to the amount of lithic remains contained in each quadrat. The three spatial relationships have been applied: fixed band (A), inverse distance (B) and inverse distance squared (C), with (A, B, C) and without (A', B', C') the FDR correction. The figures D, E and F correspond to the superposition of the lithic remains (points) on the map without the FDR correction.*

En el caso del análisis del conjunto de fauna, la banda fija (Fig. 4.2.14A) muestra dos zonas de valores altos. Una al norte, con un cuadro al 99% de confianza estadística, y otra al sur (más amplia) de esta primera con varios cuadros marcados con el máximo porcentaje de significancia estadística.

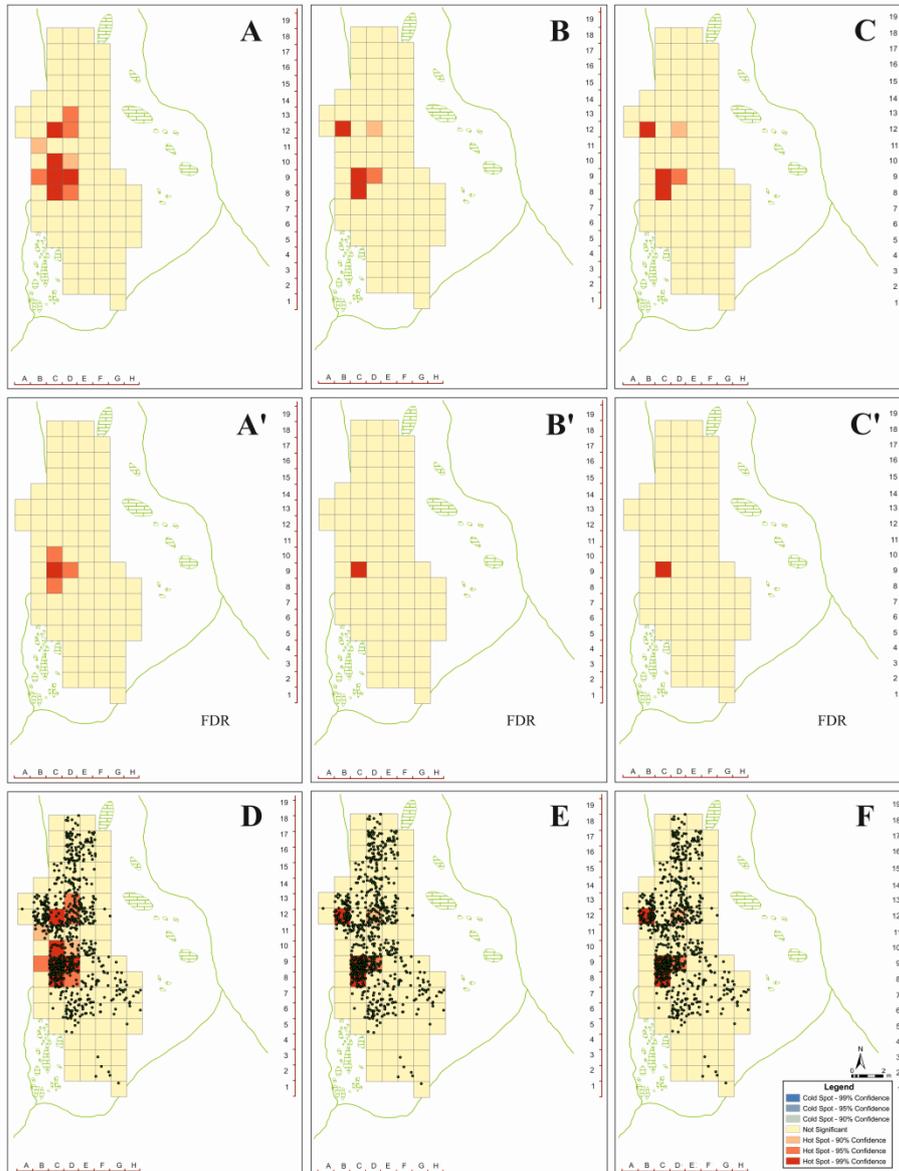


Figura 4.2.14: Resultados obtenidos tras la aplicación de Getis-Ord  $G_i^*$  para el análisis de los cuadrantes según el número de restos de fauna contenidos en cada cuadro. Se han aplicado las tres relaciones espaciales: banda fija (A), distancia inversa (B) e inversa cuadrada (C), con (A, B, C) y sin (A', B', C') la corrección FDR. Las figuras D, E y F corresponden a la superposición de los puntos correspondientes a la fauna sobre la planta sin la corrección FDR.

Figure 4.2.14: Results obtained after the application of Getis-Ord  $G_i^*$  for analyzing the quadrats according to the amount of faunal remains contained in each quadrat. The three spatial relationships have been applied: fixed band (A), inverse distance (B) and inverse distance squared (C), with (A, B, C) and without (A', B', C') the FDR correction. The figures D, E and F correspond to the superposition of the faunal remains (points) on the map without the FDR correction.

La aplicación de la corrección FDR suprime la concentración que queda más al norte y restringe la mayor a cuatro cuadros, solo uno de ellos con un 99% de

confianza estadística (Fig. 4.2.14A'). Al superponer la distribución de puntos a la planta de cuadros (Fig. 4.2.14D), se puede observar que en realidad los cuadros 9C y 8C son los que parecen mostrar una mayor acumulación de restos. Hay cuadros resaltados como estadísticamente significativos, pero cuyo contenido en restos es inferior a los cuadros que se encuentran alrededor. Esto parece apuntar a que se trata de cuadros que destacan la presencia de restos en ese entorno, sin tener que ser esos mismos cuadros los que contengan más cantidad de restos. La corrección FDR, por su parte, ajusta bastante el resultado y concreta de manera más precisa la zona de máxima concentración de restos.

Por otra parte, los resultados obtenidos con las bandas de distancia inversa e inversa cuadrada son exactamente iguales (Fig. 4.2.14B y C), delimitando de manera más precisa que la banda fija la zona de mayor concentración de restos. En este caso, aunque hay cuadros resaltados con menor cantidad de material que los principales, sí destacan su contenido y no el de los cuadros del entorno, como sí parecía ocurrir con la banda fija. De esta forma, estas relaciones espaciales ajustan mucho más los resultados. La aplicación de la corrección FDR, al igual que ocurría en el caso de los puntos, restringe tanto los datos que suprime información.

#### 4.2.3.2 Anselin Local Moran's I

Para la aplicación de Anselin Local Moran's I se han empleado 99 permutaciones, usando una distancia euclidiana, además de las relaciones espaciales mencionadas (banda fija, inversa e inversa cuadrada), así como la corrección FDR. El uso de FDR ha permitido ajustar los modelos, de forma que ha resultado útil en algunos casos al quitar bastante *ruido*. Sin embargo, en otros casos, el ajuste suprime demasiados detalles, los cuales proporcionan información relevante de cara al análisis espacial de materiales.

En el caso de la proyección de los elementos líticos, la banda fija muestra una agrupación de valores bajos (en color azul claro) junto con el predominio de puntos de color rojo (Fig. 4.2.15), los cuales indican que su valor es alto pero se encuentran rodeados por valores bajos. Esto apunta a una concentración muy significativa de valores predominantemente bajos. Al lado, hacia el este, se puede observar un cambio de patrón de acumulación en el que predominan los colores azul oscuro y rosado, los cuales indican una concentración de valores altos. Este mismo patrón es el que se da en la otra zona de acumulación, hacia el interior de la cavidad. En esta zona se observa un predominio de puntos de color azul oscuro (Fig. 4.2.15). Estos puntos indican que tienen valores bajos pero que se encuentran rodeados por valores altos, mientras que los puntos de color rosado indican agrupaciones de valores altos. En este caso, parece haber un predominio de valores altos en esta zona de la cavidad.

La aplicación FDR ajusta bastante los parámetros, pero sin eliminar información básica acerca del tipo de concentración de materiales. Por otra parte, las relaciones espaciales inversa e inversa cuadrada muestran patrones muy similares, con ligeras variaciones en la ubicación de los diferentes puntos. Al igual que ocurría en la banda fija, se observa una concentración mayor hacia la zona central de la cavidad dominada por valores bajos (Fig. 4.2.15). La concentración adyacente detectada con banda fija, aparece ligeramente más difusa en la distancia inversa, y mucho menos clara en la inversa cuadrada. La acumulación del interior permanece prácticamente, resaltando el predominio de valores altos (Fig. 4.2.15). La corrección FDR ajusta bastante el resultado de la inversa, pero manteniendo la información esencial acerca de los *clusters* más significativos. En el caso de la inversa cuadrada, FDR ajusta tanto los valores que llega a suprimir la información (Fig. 4.2.15).

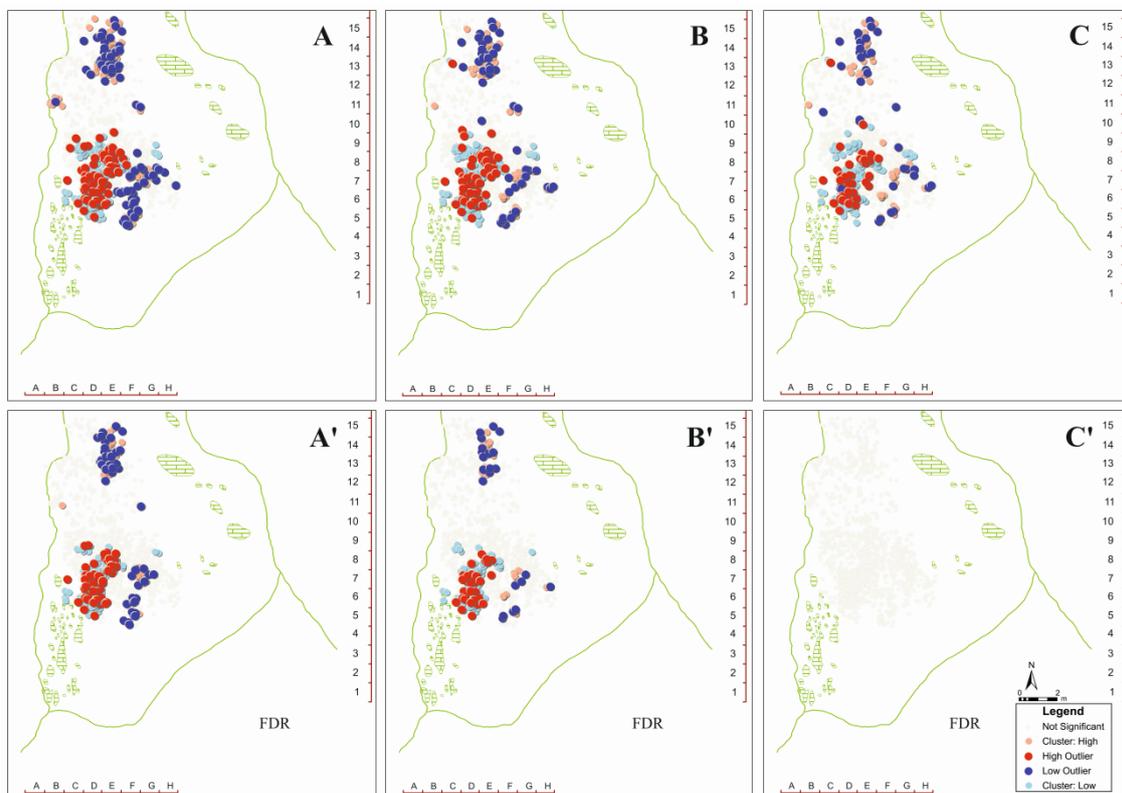


Figura 4.2.15: Resultados obtenidos tras la aplicación de Anselin Local Moran's I a los datos de industria lítica según la variable de longitud máxima. Se han analizado las tres relaciones espaciales de banda fija (A), distancia inversa (B) e inversa cuadrada (C), con (A, B, C) y sin (A', B', C') la aplicación de la corrección FDR.

*Figure 4.2.15: Results obtained after the application of Anselin Local Moran's I for analyzing the lithic industry according to the variable of maximum length. The three spatial relationships have been applied: fixed band (A), inverse distance (B) and inverse distance squared (C), with (A, B, C) and without (A', B', C') the FDR correction.*

Por otra parte, en el caso del análisis de los restos de fauna, se han obtenido patrones bastante similares entre las diferentes bandas aplicadas. En todos los casos, la aplicación de la corrección FDR ha mostrado distribuciones

estadísticamente no significativas, por lo que en la Fig. 4.2.16 no se han incluido. La banda fija muestra lo que parecen ser dos zonas claramente diferenciadas. Por una parte, dos conjuntos que se encuentran situados hacia la zona de la entrada de la cavidad y donde predominan los puntos de color azul oscuro y rosado. El conjunto que queda más hacia el oeste, muestra un predominio de valores bajos rodeados de valores altos (azul oscuro), aunque también se destaca la existencia de agrupaciones de valores altos (puntos de color rosado). El otro conjunto, hacia el este, muestra un predominio de agrupación de valores altos, mientras que hay menos valores bajos rodeados por valores altos. La otra zona, más hacia el norte, es muy diferente. Se observa un claro predominio de valores altos rodeados por valores bajos (en rojo), aunque más hacia el norte se ve que dicho predominio baja y dominan las agrupaciones de valores bajos (en azul claro). Por su parte, la distancia inversa refleja un patrón muy similar al obtenido con la banda fija. El patrón de dos zonas claramente diferenciadas según el tipo de agrupación de valores se mantiene, aunque se ve una mayor dispersión de valores bajos hacia el norte. Además, en esta misma zona, se destacan algunos valores bajos rodeados por valores altos, algo que en la banda fija no se observaba. En el caso de la relación inversa cuadrada, el resultado es ligeramente diferente a las otras dos relaciones espaciales, reduciéndose los conjuntos que se apreciaban en las otras dos y mostrando una mayor dispersión. El conjunto del sureste, donde se da una agrupación de valores altos y algunos valores bajos rodeados por valores altos se mantiene. Sin embargo, hacia el norte se ve una menor agrupación de los valores, aunque se sigue manteniendo el patrón de predominio de valores bajos y valores altos rodeados de valores bajos.

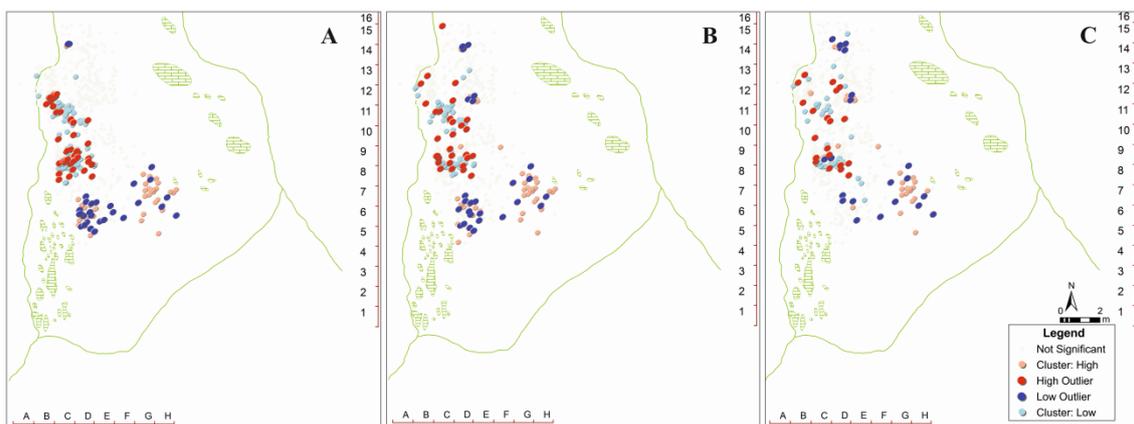


Figura 4.2.16: Resultados obtenidos tras la aplicación de Anselin Local Moran's I a los datos de fauna según la variable de longitud. Se han analizado las tres relaciones espaciales de banda fija (A), distancia inversa (B) e inversa cuadrada (C).

*Figure 4.2.16: Results obtained after the application of Anselin Local Moran's I for analyzing the faunal remains according to the variable of maximum length. The three spatial relationships have been applied: fixed band (A), inverse distance (B) and inverse distance squared (C).*

Los patrones obtenidos tras la aplicación de Anselin Local Moran's I a los materiales de fauna e industria lítica según su longitud máxima, han permitido

detallar aún más el tipo de agrupaciones que encontramos en Amalda. En primer lugar, se observa que para ambas variables, la zona de máxima acumulación de materiales definida por la densidad kernel se encuentra dominada por materiales de pequeña longitud, aunque también se encuentren restos cuya longitud es superior al dominante en dicha acumulación. En segundo lugar, parece que los restos de mayor longitud de industria lítica se encuentran principalmente en la concentración situada hacia el interior de la cavidad y en otra más pequeña adyacente a la concentración principal. Estas dos concentraciones se encuentran dominadas por longitudes mayores, aunque también se ha registrado la existencia de restos de dimensiones inferiores. Por su parte, en el caso de la fauna, se observa un patrón similar, donde la zona de máxima concentración de restos se encuentra dominada por valores bajos, mientras que las otras dos acumulaciones (definidas por Getis-Ord  $G_i^*$  como hotspots) se encuentran dominadas por valores altos.

Por último, en cuanto a las diferentes relaciones espaciales aplicadas, las diferencias entre los modelos son menores, tanto para la industria lítica como para la fauna. Para ambas variables, se da una mayor dispersión en la distancia inversa cuadrada, pero sin grandes diferencias respecto a los patrones que se dan en las otras dos relaciones espaciales. La tendencia general de agrupación se mantiene y las únicas diferencias se pueden apreciar en los límites que establece cada modelo para considerar qué materiales contienen valores altos, bajos o no significativos.

En cuanto a la aplicación de Anselin Local Moran's I al análisis de cuadrantes, todas las relaciones espaciales muestran resultados muy similares en el caso de la industria lítica, variando ligeramente la distancia inversa cuadrada al reducir en un cuadro la extensión del *cluster*. La corrección FDR ha sido aplicada, pero no ha mostrado acumulaciones estadísticamente significativas. De esta forma, en las Figs. 4.2.17 y 4.2.18 se muestran los resultados sin la corrección FDR.

El análisis llevado a cabo con Anselin Local Moran's I muestra bastantes similitudes con los resultados obtenidos tras la aplicación de Getis-Ord  $G_i^*$ , pero con algunas diferencias. Se puede apreciar que hay una zona de agrupación de restos bastante localizada, pero en la que se incluyen dos cuadros que claramente contienen menos restos que sus vecinos (8D y 6E) (Fig. 4.2.17). Esto puede deberse a que el radio de acción del algoritmo incluye aquellos cuadros que se encuentran completamente rodeados por zonas de valores altos. Sin embargo, se puede apreciar que en todas las relaciones espaciales hay un cuadro marcado como *LH*, es decir: un cuadro cuyo valor es bajo pero que se encuentra rodeado por valores altos. Es importante destacar la presencia de un cuadro marcado como *HH* en las tres relaciones espaciales y que claramente contiene menos puntos asociados (Fig. 4.2.17). Esto podría deberse a que no sólo se consideran las zonas claramente con valores altos como *HH*, sino también a los límites establecidos que consideran qué cuadro contiene valores más bajos que otro. Se observan dos cuadros marcados en color azul claro, los cuales parecen seguir esto mismo que se

ha comentado: indican la presencia de valores bajos, aunque en los propios cuadros apenas haya material.

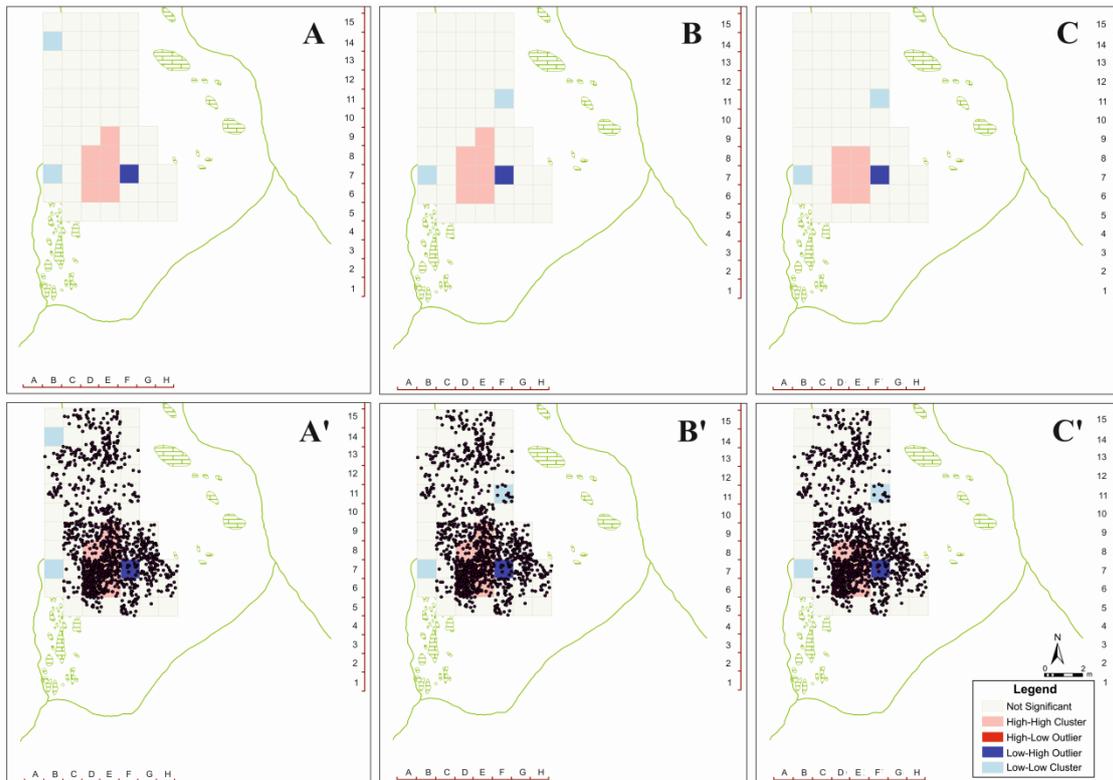


Figura 4.2.17: Resultados obtenidos tras la aplicación de Anselin Local Moran's I para el análisis de los cuadrantes según el número de restos de industria lítica contenidos en cada cuadro. Se han aplicado las tres relaciones espaciales: banda fija (A), distancia inversa (B) e inversa cuadrada (C). Las imágenes A', B' y C' muestran los resultados A, B y C con la superposición de los puntos que representan los restos de industria lítica.

Figure 4.2.17: Results obtained after the application of Anselin Local Moran's I for analyzing the quadrats according to the amount of lithic remains contained in each quadrat. The three spatial relationships have been applied: fixed band (A), inverse distance (B) and inverse distance squared (C). The figures A', B' and C' correspond to the superposition of the lithic remains (points) on the results A, B and C.

En el caso de la aplicación de Anselin Local Moran's I a los restos de fauna, ocurre algo similar a lo que ocurre con la lítica. Hay una zona de agrupación muy clara y dos cuadros marcados como valor bajo pero rodeados por valores altos. Este patrón se da en todas las relaciones espaciales aplicadas (Fig. 4.2.18). En este caso, y sobre todo a lo que respecta a la zona marcada como *HH* y al cuadro 12C, es bastante ajustado a lo que se ve en la distribución de puntos. El cuadro 12C se encuentra claramente rodeado por una gran cantidad de restos, mientras que en el área *HH* es donde se encuentra la zona de máxima concentración de restos de fauna. Por otra parte, el cuadro 9B, también marcado como *LH*, no se encuentra rodeado por una gran cantidad de restos, sino sólo por uno de sus lados. En todos los casos, la zona de máxima concentración de materiales se encuentra bien delimitada y se marcan bien los cuadros que, aun no teniendo un alto contenido de restos, se encuentran rodeados por valores altos. La única excepción es el cuadro

9B, que está identificado como *LH* y realmente no se encuentra rodeado por valores altos, como sí lo está el cuadro 12C.

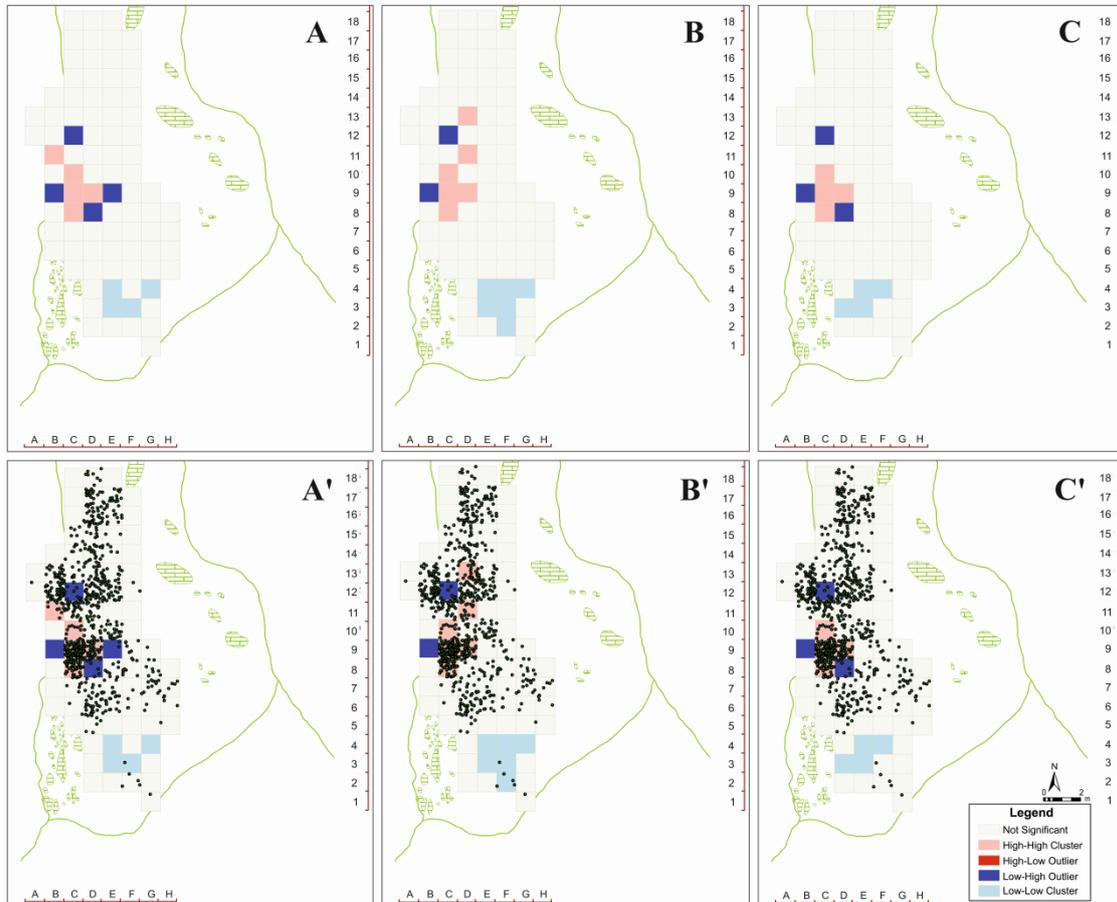


Figura 4.2.18: Resultados obtenidos tras la aplicación de Anselin Local Moran's I para el análisis de los cuadrantes según el número de restos de fauna contenidos en cada cuadro. Se han aplicado las tres relaciones espaciales: banda fija (A), distancia inversa (B) e inversa cuadrada (C). Las imágenes A', B' y C' muestran los resultados A, B y C con la superposición de los puntos que representan los restos de fauna.

Figure 4.2.18: Results obtained after the application of Anselin Local Moran's I for analyzing the quadrats according to the amount of faunal remains contained in each quadrat. The three spatial relationships have been applied: fixed band (A), inverse distance (B) and inverse distance squared (C). The figures A', B' and C' correspond to the superposition of the faunal remains (points) on the results A, B and C.

#### 4.2.3.3. Estadística inferencial aplicada a rásteres de densidad.

La aplicación de Getis-Ord  $G_i^*$  y Anselin Local Moran's I a los mapas de densidad se ha realizado con el fin de conocer la significancia estadística de las principales acumulaciones de material lítico y de fauna. Para ello, se han convertido a puntos los ráster obtenidos de la aplicación de kernel a los materiales de fauna e industria lítica. El parámetro introducido para el análisis estadístico ha sido el valor de densidad proporcionado por kernel. Para ambas herramientas, se ha aplicado la relación espacial de banda fija y una distancia euclidiana, así como la corrección

FDR que ha permitido ajustar el modelo y obtener una mayor definición de la confianza estadística (Fig. 4.2.19).



Figura 4.2.19: Resultados obtenidos tras la aplicación de Getis-Ord  $G_i^*$  y Anselin Local Moran's  $I$  a los valores de densidad kernel obtenidos para los datos de industria lítica y fauna.  
 Figure 4.2.19: Results obtained after the application of Getis-Ord  $G_i^*$  and Anselin Local Moran's  $I$  to the kernel density values obtained for the lithic and faunal remains data.

El resultado obtenido ha permitido delimitar los conjuntos principales de acumulación de restos líticos y fauna, atendiendo a criterios estadísticos. De esta forma, con un grado de confianza mínimo del 95%, se han establecido los principales conjuntos de material del yacimiento de Amalda. Al superponer la delimitación de estos conjuntos con las plantas obtenidas con la densidad kernel, se puede comprobar que las principales acumulaciones de fauna e industria lítica no se superponen espacialmente (Fig. 4.2.20), quedando prácticamente enfrentadas.

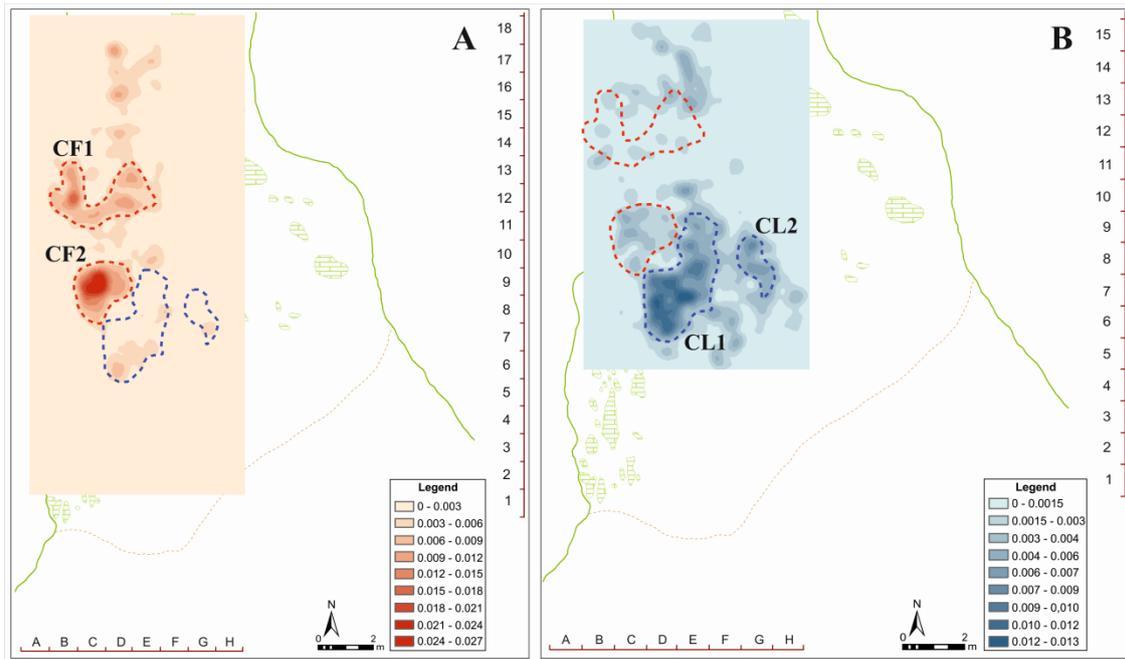


Figura 4.2.20: Conjuntos definidos para fauna (A) e industria lítica (B) junto con el mapa de densidad kernel.

Figure 4.2.20: Clusters defined for fauna (A) and lithic industry (B) together with the kernel density map.

#### 4.2.4. Análisis de los conjuntos identificados

En este apartado se van a analizar los conjuntos previamente definidos, detallando las características de cada uno de ellos. En el caso de la industria lítica, se han clasificado dos conjuntos:

- **CL1:** Compuesto por un total de 409 restos, la longitud media de los materiales es de 21,25 mm, siendo el mínimo 8 mm y el máximo 101 mm. Domina claramente el sílex (n=311), seguido muy de lejos por la vulcanita (n=57). Hay otras materias primas, pero con mucha menor representación, como la argilita (n=1), la cuarcita (n=11), el cuarzo (n=8), la limonita (n=1), la lutita (n=11) y la ofita (n=9) (Tabla 4.2.4). En cuanto al tipo de soporte, el más común son las esquirlas y fragmentos (n= 83), seguido por las microlascas (n=63), lascas (n=61), lascas de reavivado (n=60) y las desbordantes (n=52). También son bastante numerosas las lascas de decorticado (n= 47). Se ha constatado la presencia de láminas (n=4) y laminillas (n=12), astillas (n=2), lascas kombewa (n=13) y lascas sobrepasadas (n=8), además de 3 núcleos de lascas y uno de laminillas (Tabla 4.2.4). Por otra parte, el tipo de útil más común es aquel que no tiene ningún tipo de retoque (n=353), siendo mayoría lascas y microlascas. Entre los retocados, destaca la presencia de raederas (n=20) y denticulados (n=9), aunque también se ha documentado la presencia de buriles (n=2), un

chopping tool, hendedores (n= 4), una lámina retocada, una laminilla retocada, una muesca, piezas con retoque abrupto (n=4), un raspador y una punta musteriense.

- **CL2:** Este conjunto contiene muchos menos restos que el anterior (n=76), pero destaca porque la longitud media de los materiales es ligeramente mayor que CL1. De esta forma, la longitud media es de 26,04 mm, siendo el mínimo 10 mm y el máximo 77 mm. Al igual que en CL1, la materia prima dominante es el sílex (n=59), seguido de la vulcanita (n=11). Las otras materias primas que también se encuentran en este conjunto son la argilita (n=1), la cuarcita (n=2), el cuarzo (n=1) y la lutita (n=1) (Tabla 4.2.4). El tipo de soporte más común es la lasca (n=17) y la lasca de decortinado (n=12), aunque también hay presencia de esquirlas y fragmentos, en mucha menor cantidad que en CL1 (n=9), láminas (n=3), laminillas (n=6), lascas de reavivado (n=7) y desbordantes (n=9), lascas kombewa (n=2), una lasca sobrepasada, microlascas (n=7) y tres núcleos. El tipo de útil dominante son las piezas no retocadas (n=57), aunque se ha documentado un cuchillo de dorso, una muesca, tres núcleos de lascas, una pieza con retoque abrupto y varias raederas (n=7).

Support	CL1	CL2	Tool	CL1	CL2
Splinters	2		Buril	2	
Fragments	83	9	Chopping tool	1	
Blades	4	3	Non retouched	0	1
Bladelets	12	6	Denticulate	9	
Flakes	61	17	Cleaver	4	
Resharpener flake	60	7	Retouched blade	1	
Cortical flake (1 y 2)	47	12	Retouched bladelet	1	
<i>Outrepassé</i> flake	52	9	Notche	1	1
Kombewa	13	2	Bladelets core	1	
Overshot flake	8	1	Flakes core	3	3
Microblades	63	7	Step retouched piece	4	1
Cores	4	3	Retouched	7	4
			Musterian point	1	
			Rabot		1
			Sidescraper	20	7
			Scraper	1	
			Non retouched (flakes and microflakes)	353	57

Tabla 4.2.4: Composición principal de tipos de soporte y útiles líticos para los conjuntos CL1 y CL2  
 Table 4.2.4: Main composition of lithic supports and tools for the CL1 and CL2 clusters.

En cuanto a la forma de los materiales contenidos en cada uno de los conjuntos identificados para la industria lítica, se puede apreciar que no hay grandes diferencias entre ambos conjuntos (Fig. 4.2.21).

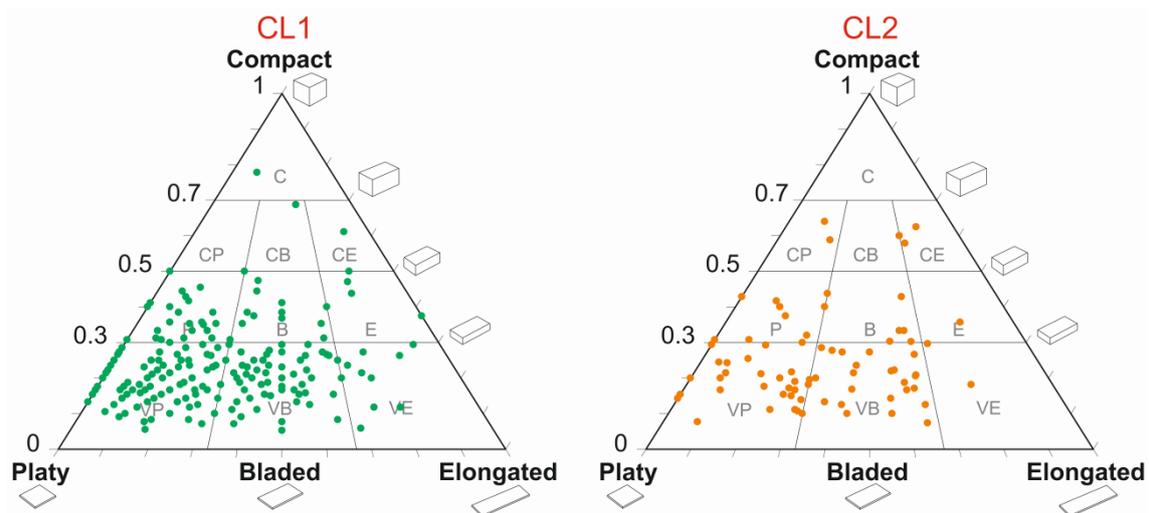


Figura. 4.2.21: Patrones de forma de los materiales líticos contenidos en los conjuntos clasificados CL1 y CL2.

Figure 4.2.21: Shape patterns for the lithic remains contained in the CL1 and CL2 clusters.

En general, se observa la existencia de una gran variabilidad en cuanto a las formas de las piezas líticas, aun a pesar de la clara diferencia respecto al tamaño de la muestra para cada uno de los conjuntos. La mayoría de las piezas tienden a formas cuadrangulares y rectangulares poco estrechas, aunque hay algunas piezas que muestran formas de mayor grosor. Un aspecto muy relevante es la poca cantidad de piezas elongadas, incluso en el caso del conjunto más numeroso (CL1).

En cuanto a los conjuntos definidos para los restos de fauna, también se han clasificado dos como los más significativos:

- **CF1**: Este conjunto se encuentra compuesto por 181 restos. La longitud media de los restos de este conjunto es de 25,74 mm, con una longitud mínima de 10 mm y máxima de 130 mm. En cuanto a las especies, hay un claro dominio de *Rupicapra rupicapra* (n=98), seguido muy de lejos por *Bos primigenius* (n=21) y *Cervus elaphus* (n=20). También se han identificado restos de *Capra pyrenaica* (n=9), *Capreolus capreolus* (n=1) y *Equus ferus* (n=6). En cuanto a los carnívoros, el más común es *Vulpes vulpes* (n=15), aunque también se han recogido restos de *Canis lupus* (n=4) y *Ursus spelaeus* (n=7). Entre las partes esqueléticas, abundan los dientes (n=34) y hay un claro dominio de las partes axiales, como las costillas (n=16) y las vértebras (n=20). Respecto al esqueleto apendicular, hay bastante presencia de falanges (n=26) y de tibias (n=14), y en mucha menor cantidad otros restos (Tabla 4.2.5).

Axial	CF1	CF2
Ribs	16	25
Vertebrae	20	24
Appendicular		
Scapula	1	1
Pelvis	3	6
Calcaneus	1	1
Carpal	4	7
Centrotarsal		2
Phalange	26	28
Femur	7	13
Humerus	4	7
Metacarpo	9	4
Metapod	1	2
Metatarsal	8	4
Patella	6	9
Radius	2	3
Sesamoid	5	5
Talus	4	3
Tarsal	1	
Tibia	14	3
Ulna	6	3
Craneal		
Skull	6	3
Horn	1	
Teeth	34	36
Mandible	1	2
Hyoid	1	

Tabla 4.2.5: Partes esqueléticas según los conjuntos clasificados (CF1 and CF2)

Table 4.2.5: Skeletal parts identified in the CF1 and CF2 clusters.

- **CF2**: Este conjunto es muy similar al anterior, ya que el número de restos que lo componen es de 191. Sin embargo, aun a pesar de estar compuesto por una cantidad de materiales muy parecida, la longitud media es ligeramente inferior a la del conjunto CF1, con 23,52 mm. Asimismo, aunque la longitud media es inferior, la longitud máxima es 30 mm más larga, con 160 mm. La longitud mínima es igual a la de CF1, 10 mm. Al igual que en el conjunto anterior, *Rupicapra rupicapra* es el taxón más abundante (n=125). Las otras especies identificadas corresponden a *Bos primigenius* (n=4), *Capra pyrenaica* (n=17), *Capreolus capreolus* (n=1), *Cervus elaphus* (n=30) y *Equus ferus* (n=7). El número de carnívoros es bastante reducido, aunque hay más variabilidad que en CF1: *Panthera pardus* (n=1), *Canis lupus* (n=2), *Ursus*

*spelaeus* (n=3) y *Vulpes vulpes* (n=1). Al igual que en el conjunto CF1, los elementos esqueléticos más abundantes son los dientes (n=36), así como las costillas (n=25) y vértebras (n=24) (Tabla 4.2.5). También hay bastante falanges (n=28) y fémures (n=13), algo que contrasta con el conjunto CF1 donde el segundo más numeroso en el esqueleto apendicular era la tibia.

#### 4.2.5. Elipses

El análisis de la distribución dirección se ha aplicado a los conjuntos de industria lítica y restos de fauna previamente definidos. De esta forma, se ha obtenido información acerca de la desviación estándar de los materiales que componen cada uno de los conjuntos, tanto en el eje de X como en el de Y, así como la rotación y orientación de cada una de las elipses que engloban dichos materiales. Los datos obtenidos a partir del cálculo de la geometría de cada elipse han permitido conocer el grado de excentricidad de cada una de ellas.

En cuanto a la excentricidad, todas, excepto CF2, muestran valores de excentricidad bastante elevados (Tabla 4.2.6), sobre todo la que corresponde a la de todo el conjunto de materiales ( $e=0,912$ ). La elipse más próxima a la circunferencia es la de CF2, cuyo valor es el más bajo de todos ( $e=0,589$ ). Ninguno de los centros de las elipses coinciden, aunque sí se encuentran bastante alineados entre sí los centros en el eje X de los conjuntos de fauna, así como a su vez los centros en el eje de Y de los conjuntos líticos (Tabla 4.2.6, Fig. 4.2.22). En el caso de la orientación de las elipses, no hay una paridad en cuanto a los conjuntos, aunque sí se ve cierta similitud entre la orientación de la elipse correspondiente a CL2 ( $113,83^\circ$ ) y la elipse que delimita todo el conjunto de materiales de Amalda ( $98,89^\circ$ ). La elipse de CF1 se encuentra prácticamente perpendicular a la cavidad (Fig. 4.2.22), mientras que CF2 tiende hacia el este aunque es bastante circular. En cuanto a la elipse de CL1, tiende también hacia el este, en contraposición con la elipse del otro conjunto de industria lítica (Fig. 4.2.22).

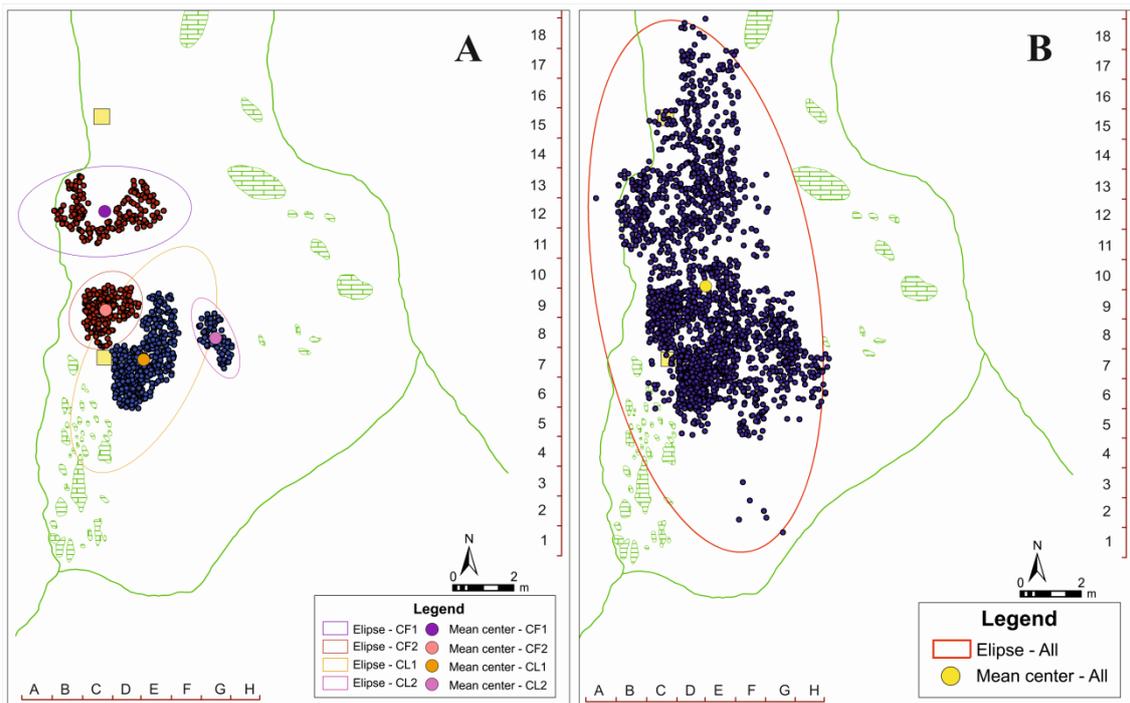


Figura 4.2.22: Planta donde se pueden observar las elipses correspondientes a los principales conjuntos definidos para la fauna y la industria lítica de Amalda (A) y al conjunto en su totalidad de materiales (B).

Figure 4.2.22: Map with the ellipses corresponding to the clusters identified for the lithic and faunal remains (A) and for all the materials (B) at the site of Amalda.

	CL1	CL2	CF1	CF2	All
n	409	76	181	191	1976
Area	235732,1	27412,27	135432,2	48564,49	1031976
Perimeter	2474,716	857,5773	1748,592	1005,878	5095,821
Thickness	191,4304	63,81883	154,1809	111,704	371,3114
CenterX	398,5686	636,6941	269,9368	272,7659	391,8853
CenterY	758,1299	829,8802	1251,871	922,941	1007,344
XStdDist	183,6398	144,0165	150,4106	111,7499	894,137
YStdDist	408,5983	60,58922	286,6144	138,3255	367,3706
Major_Axis	408,5428	144,0216	286,5692	138,3269	894,0256
Minor_Axis	183,667	60,58534	150,4328	111,7538	367,4259
Rotation	25,59531	156,1699	86,47042	36,02297	171,103
Orientation	64,39761	113,8302	3,531755	53,98307	98,89752
Eccentricity	0,893	0,907	0,851	0,589	0,912

Tabla 4.2.6: Tabla con todos los datos relativos a las elipses de los principales conjuntos de materiales y los relativos a todo el conjunto de materiales de Amalda.

Table 4.2.6: Table with the data corresponding to the ellipses identified for the main clusters and for all the materials contained in Amalda.

Todos estos datos resultan bastante significativos, ya que todos los conjuntos, excepto CL2, muestran una orientación muy diferente al eje de la cavidad. Según los cálculos realizados con MBR, la orientación de la cavidad donde se encuentra el yacimiento de Amalda muestra una orientación de 175,9°. Asimismo, todas las elipses muestran orientaciones bastante dispares entre sí (Fig. 4.2.22). Algo que no

se ve tanto en los centros de las concentraciones, donde ya se ha podido ver que hay cierta coherencia entre los centros correspondientes a cada uno de los conjuntos en función del material.

Es importante destacar que los conjuntos seleccionados se encuentran principalmente compuestos por restos de longitudes reducidas, tanto en la concentración principal CL1 (21,25 mm) como en la concentración CL2 (26,04 mm). En ambos casos, la longitud mínima encontrada para cada concentración es igual o inferior a los 10 mm (Tabla 4.2.7). En el caso de los conjuntos de fauna, las longitudes son muy similares, mientras que las máximas son mayores a las de los restos de industria lítica. En el caso de las longitudes medias, se dan valores ligeramente superiores, siendo para CF1 25,74 mm y para CF2 23,52 mm (Tabla 4.2.7). Sin embargo, hay que tener en cuenta que se trata de conjuntos que contienen muchos menos restos que los de lítica, ya que al compararlo con el conjunto CL2, con muchos menos restos, los valores no muestran tanta diferencia. En este caso, el tamaño muestral parece condicionar esas medias, aunque sean similares y se encuentren en intervalos de diferencia de unos 0,5 mm.

	n	Max.	Min.	Mean
CF1	181	130	< 10	25,74
CF2	191	160	< 10	23,52
CL1	409	101	8	21,25
CL2	76	77	10	26,04

Tabla 4.2.7: Longitudes máximas, mínimas y media de los restos contenidos en cada uno de los conjuntos identificados en Amalda. Las medidas son en milímetros.

*Table 4.2.7: Maximum, minimum and mean length for the materials contained in each cluster. The measurements are in millimeters.*

Por otra parte, es necesario caracterizar el espacio que queda aparentemente vacío entre ambas concentraciones. En el caso de la industria lítica, se han documentado 17 restos con una longitud media de unos 22,47 mm. Se trata de 16 restos de sílex (dos de procedencia indeterminada, uno de Treviño y el resto del Flysch) y una microlasca de vulcanita con el borde no retocado. La gran mayoría no están retocadas, a excepción de dos raederas. El conjunto está compuesto por 2 esquirlas o fragmentos, 2 láminas, 2 lascas, 1 lasca de reavivado, 3 lascas de decorticado, 2 lascas desbordantes, 1 lasca Kombewa y 4 microlascas. De las 84 piezas analizadas funcionalmente, 3 se encuentran en este espacio y corresponden a dos piezas con evidencias de haber sido usadas para cortar (una sobre material indeterminado y otra sobre material blando) y otra pieza alterada. En el caso de la fauna, se han documentado 7 restos con longitud media de unos 20 mm. Se trata de 5 restos de *Rupicapra rupicapra* (correspondientes a 3 falanges, un húmero y una vértebra), un resto de *Ursus spelaeus* (incisivo) y un resto de *Capra pyrenaica* (falange). De esta forma, se puede comprobar que no se trata de un error en el registro de los materiales, ya que es un espacio en el que sí se han documentado restos pero en

una proporción considerablemente inferior a las dos concentraciones que lo *enmarcan*. En todas las modelizaciones llevadas a cabo (Rios-Garaizar, 2012), cuyo rango de error es un 1 m<sup>2</sup>, dicho espacio queda igual, variando únicamente la posición de las piezas que contiene ese área de aproximadamente 1 m<sup>2</sup>.

#### 4.2.6. Materiales *no-identificables*

Además de los 813 restos identificables de fauna, se ha llevado a cabo el estudio tafonómico de los materiales clasificados como “no-identificables” (n=4624). Este trabajo de análisis lo han desarrollado Ana Belén Marín y Lucía Agudo, de la Universidad de Cantabria, en el marco del proyecto *Análisis de la ocupación del espacio durante el Paleolítico Medio en el yacimiento de Amalda (Zestoa)*, concedido por la Diputación de Gipuzkoa en el año 2016. En esta nueva etapa de investigación del yacimiento, se llevó a cabo una primera revisión de los restos de fauna por parte de Joseba Rios Garaizar y por mí misma, verificando el estado de los materiales y pudiendo comprobar que aquellos contenidos en las bolsas de “no-identificables” se encontraban sin limpiar y, por tanto, sin estudiar. De esta forma, se planteó una revisión tafonómica de toda la colección de fauna excavada por el equipo de Altuna. En este trabajo se han podido analizar los patrones de distribución de todos los restos de fauna recuperados en el yacimiento de Amalda.

Debido a que los materiales de fauna clasificados como “no-identificables” se encontraban en bolsas sin información X, Y, Z, y solo con la referencia al cuadro y al lecho, se ha procedido a la generación de una cuadrícula y a la vinculación de los datos correspondientes al tipo de alteración a cada uno de los cuadros. De esta forma, el análisis de los patrones de distribución según el tipo de alteración de los huesos se realizará según el número de restos por cuadro, al igual que se ha hecho anteriormente con el resto de variables analizadas en el yacimiento de Amalda. Debido a que no todos los NISP muestran alteraciones, se ha desechado la idea de la distribución aleatoria de puntos según el número de NISP por cuadro y el posterior análisis. Se ha comprobado que la forma en la que se presentan los datos es mucho más sencilla de entender y muestra claramente los patrones de distribución según el tipo de alteración identificado. La Tabla 4.2.8 muestra las cifras para cada una de las alteraciones identificadas.

Por otra parte, no se han podido analizar los patrones de distribución de restos según las dimensiones de los materiales, ya que solo se disponía del dato de dimensión media de los restos clasificados como “no-identificables”. De esta forma, no se han podido discriminar las agrupaciones de materiales en función de las dimensiones de los restos de fauna, considerando tanto los restos más grandes como aquellos más pequeños. Debido a ello, la distribución según el tipo de alteración y la longitud media de los materiales se ha realizado a partir del contaje de materiales por cuadro, con el objetivo de tener una visión general de los patrones de agrupación o dispersión en el conjunto del yacimiento.

Carnivore (gnowing, scores, punctures)	237
Diggested	1243
<b>Total carnivore alterations</b>	<b>1480</b>
Anthropic (fresh fractures, flakes, cutmarks)	160
Burnt	340
<b>Total anthropic alterations</b>	<b>500</b>
NISP	4624
Dissolution by water	569
Average dimension (cm)	2,28

Tabla 4.2.8: Tabla donde se muestra la cantidad de restos de fauna según el tipo de alteración identificada.

*Table 4.2.8: Table with all the fauna remains according to the alteration identified.*

#### 4.2.6.1. Análisis de distribución de los restos de fauna según el tipo de alteración

Para el análisis de los patrones de distribución de los materiales contenidos en las bolsas de “no-identificados”, se generó una cuadrícula en ArcGIS a la que se asociaron todos los datos tafonómicos por cuadro. Estos campos incluyen NISP (Number of Individual Specimens), tipo de alteración por carnívoros (chupeteo y marcas de dientes), digestión, total de alteraciones por carnívoro, restos quemados, tipo de alteración antrópica (fractura en fresco, marcas de corte, lascas), total de alteraciones antrópicas, disolución por agua y longitud media (cm). Los resultados obtenidos muestran ligeras variaciones en la distribución según el tipo de alteración, casi siempre dentro de la zona de máxima acumulación de fauna delimitada tras el análisis de los patrones de distribución de los restos identificables.

En el análisis de los patrones de distribución de los huesos según el tipo de alteración identificada (Fig. 4.2.23), se puede ver que los restos con marcas de digestión se encuentran concentrados principalmente en el cuadro 13C (n=200), seguido de los cuadros 12C, 14D y 9C (n=100). Alrededor del cuadro 13C se concentran otros cuadros con una gran acumulación de restos (Fig. 4.2.23), pero en cantidades muy inferiores, a excepción del ya mencionado 12C. Parece que la principal acumulación de restos digeridos se concentra en 8 cuadros, comprendidos entre los cuadros 14D y 11D. En el caso de la alteración por carnívoros (marcas de chupeteo y de dientes -scores, punctures-), se observa que la mayor concentración de restos se encuentra en el cuadro 11C (n=63), seguido muy de lejos por el cuadro inmediatamente adyacente (11D), con un total de 37 restos con marcas de alteración por carnívoros.

Los materiales con evidencias de combustión parecen encontrarse concentrados en los cuadros 12C (n=56) y 11D (n=50) (Fig. 4.2.23). El resto de cuadros también contienen restos de estas características, pero en cantidades muy inferiores a las

destacadas, siendo los más próximos los cuadros 9C (n=32) y 12B (n=20). En cuanto a los huesos con marcas de alteración antrópica (fracturas en fresco, lascas y marcas de corte), el cuadro 12C es el que muestra la principal acumulación con 29 restos. Otros cuadros también muestran materiales con este tipo de alteración, pero bastante alejados del cuadro con la concentración principal, como los cuadros 14D (n=18), 13D (n=14) y 9C (n=11).

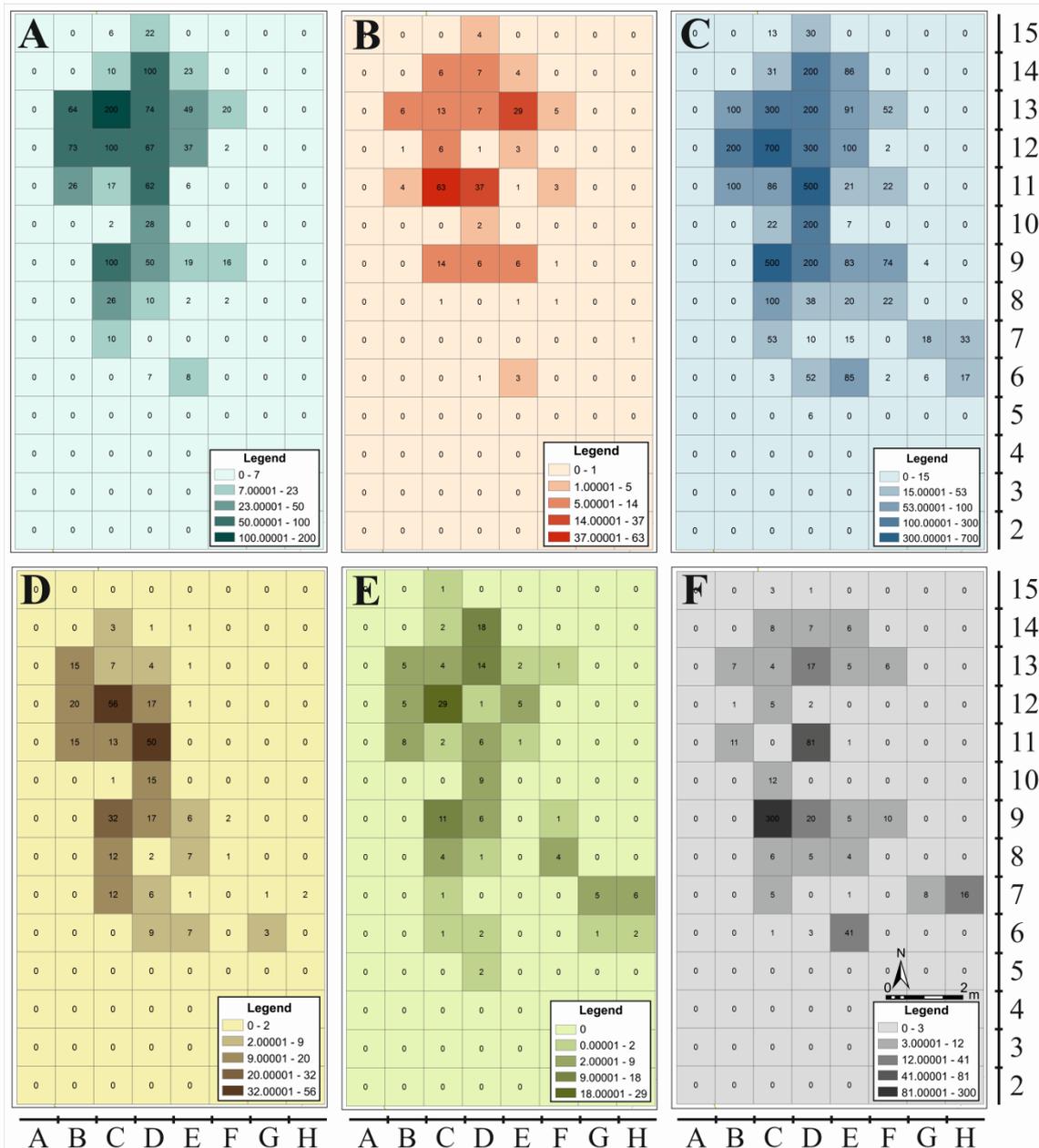


Figura 4.2.23: Planta de distribución por cuadros de los elementos óseos clasificados como “no-identificables” según el tipo de alteración identificada: A) Digeridos, B) Alteración por carnívoros (chupeteo, scores, punctures), C) NISP, D) Quemados, E) Alteración antrópica (fracturas en fresco, marcas de corte, lascas de hueso) y F) Disolución por agua.

Figure 4.2.23: Distribution map by squares corresponding to the faunal remains classified as “non-identifiable” according to the alteration identified: A) Digested, B) Altered by carnivores (gnawing, scores, punctures), C) NISP, D) Burnt, E) Anthropic alteration (fresh fractures, cut marks, bone flakes) and F) Water dissolution.

En el caso de la alteración por disolución por agua, es llamativo que la mayor concentración se encuentre en el cuadro 9C con 300 restos identificados (Fig. 4.2.23), no encontrándose ninguna cantidad similar en ninguno de los otros cuadros. El cuadro 11D contiene 81 restos con este tipo de alteración, seguido muy de lejos por el cuadro 6E con 41 restos. En este caso, los huesos con evidencias de disolución por agua se encuentran claramente concentrados, no observándose ningún otro punto donde se dé otra gran acumulación de estas proporciones. La mayor acumulación de NISP se concentra en el cuadro 12C (n=700), seguido de los cuadros 11D y 9C (n=500) (Fig. 4.2.23). Otros cuadros también muestran una gran cantidad de restos, aunque más alejados en cantidad del cuadro 12C, como los cuadros 13C y 12D (n=300) y los cuadros 12B, 9D, 10D, 13D y 14D (n=200). Esta alta concentración de NISP en el cuadro 12C coincide con la zona donde se da la principal concentración de restos con marcas de actividad antrópica, tanto restos quemados como restos con marcas de corte, lascas o fracturas en fresco. A su vez, este cuadro es adyacente a la zona de mayor acumulación de restos con marcas de actividad de carnívoros, así como de huesos digeridos.

#### 4.2.6.2. *Getis-Ord Gi\**

La identificación de las agrupaciones estadísticamente significativas se ha realizado a partir de la aplicación de las herramientas de estadística *Getis-Ord Gi\** y *Anselin Local Moran's I*. Debido a que se trata de bastantes variables, los análisis se han agrupado en grupos de tres: alteraciones antrópicas, alteraciones por carnívoros y otras (donde se han incluido los materiales con muestras de alteración por agua, los NISP y los materiales según su longitud media). En el caso de *Getis-Ord Gi\**, las relaciones espaciales inversa e inversa cuadrada muestran resultados idénticos.

La variable de alteración por carnívoros muestra diferencias según el tipo de relación espacial aplicada. Primero, se va a proceder a explicar la banda fija y, a continuación, las distancias inversa e inversa cuadrada. Para el conjunto de huesos con marcas de chupeteo y dientes (*scores, punctures*) (Fig. 4.2.24A), se observa que el conjunto de cuadros que muestran los valores altos con un 99% de confianza son 10C, 11B-C-D, 12C-D y 13D. Sin embargo, tras la aplicación de la corrección FDR, este conjunto queda reducido a los cuadros 10C, 11C-D y 12C.

En cuanto a los restos con evidencias de digestión (Fig. 4.2.24B), la concentración *hotspot* queda delimitada entre las bandas 11 a la 14, encontrándose el mayor porcentaje de significancia en los cuadros 12B-C-D, 13B-C-D y 14C-D. Se observa otra acumulación hacia el sur de la principal, siendo destacados los cuadros 9C-D. La aplicación de FDR suprime estos dos cuadros y reduce la concentración principal, destacando con un 99% de confianza los cuadros 12C-D, 13B-C-D y 14C.

Por último, la planta de distribución que muestra el total de alteración por carnívoros (Fig. 4.2.24C), muestra que la concentración más significativa de valores altos se encuentra entre las bandas 11 y 14, aunque se puede apreciar otra concentración menor hacia el sur de la principal (cuadros 9C-D y 8C-D). La corrección FDR reduce este conjunto, aunque se sigue manteniendo una concentración estadísticamente significativa bastante representativa. Este conjunto, aunque con diferencias en el porcentaje de confianza, se enmarca entre las bandas 11 y 14, siendo los cuadros 11C, 12C-D, 13B-C-D y 14C los que muestran un 99% de confianza.

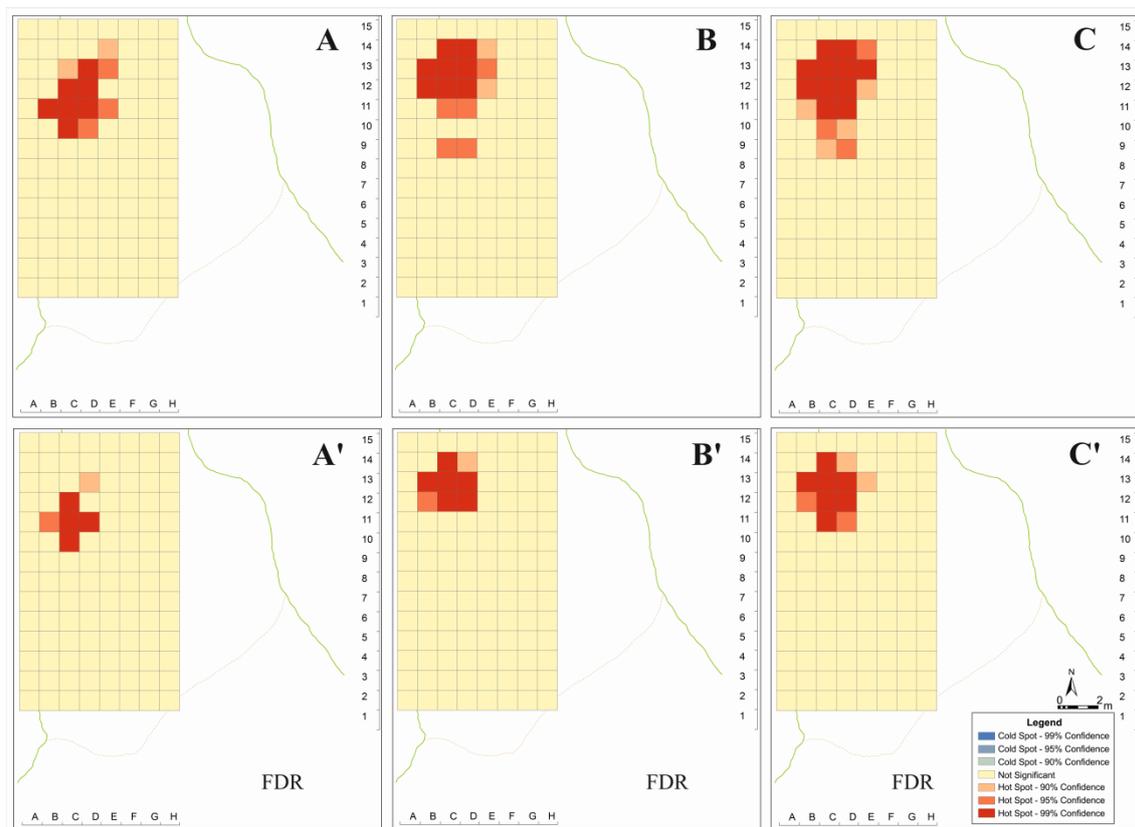


Figura 4.2.24: Planta de dispersión Getis-Ord  $G_i^*$  según la relación espacial de banda fija aplicado al número de restos por cuadro. A) Alteración por carnívoros (chupeteo, *scores*, *punctures*) y A') Aplicación de la corrección FDR al conjunto analizado en A. B) Huesos digeridos y B') Aplicación de FDR al conjunto analizado en B. C) Total de huesos con marcas de alteración por carnívoros (huesos con marcas de alteración por carnívoros y digeridos) y C') Aplicación de FDR al conjunto analizado en C.

Figure 4.2.24: Distribution map after the application of Getis-Ord  $G_i^*$  (fixed band) to the amount of rests contained in each square: A) Altered by carnivores (*gnawing*, *scores*, *punctures*) and A') Application of the FDR correction to A. B) Digested bones and B') Application of the FDR correction to B. C) Total amount of bones with evidences of alteration by carnivores (*digested* and *tooth marks*) and C') Application of the FDR correction to C.

En el caso de las relaciones inversa e inversa cuadrada, se han obtenido resultados con diferencias bastante significativas respecto a la banda fija. El análisis de la alteración por carnívoros (Fig. 4.2.25A) muestra que los cuadros *hotspot* 14D, 13D y 12C son los que más confianza estadística muestran, mientras que los cuadros

11B, 10D y 9C muestran porcentajes más bajos. Estos cuadros quedan suprimidos al aplicar la corrección FDR. Los cuadros que mantienen el nivel de confianza estadística tras la aplicación de FDR son 14D y 12C, ya que el cuadro 13D muestra una reducción al 95%. En cuanto a los restos digeridos (Fig. 4.2.25B), los cuadros con porcentajes más altos de confianza son 12C, 11D y 9C, mientras que los cuadros 12B-D y 9D presentan un porcentaje menor. La aplicación de FDR suprime estos cuadros y mantiene los demás sin reducir su porcentaje, excepto para el caso del cuadro 9C.

Por último, la distribución según el total de huesos con alteración por carnívoros (Fig. 4.2.25C) muestra los cuadros 12C, 11D y 9C con valores altos a un 99% de confianza estadística, al igual que ocurre en el análisis según los huesos con marcas de digestión. Los cuadros con una menor significancia son 12B, 10D y 9C, los cuales son suprimidos tras la aplicación de la corrección FDR. Al igual que ocurre en los huesos digeridos, se mantienen los cuadros 12C y 11D y se reduce el porcentaje de confianza estadística para el cuadro 9C. El análisis según la variable de alteración por carnívoros, muestra que hay un cuadro común en cuanto a significancia estadística para todas las relaciones espaciales, el cuadro 12C, que incluso se mantiene tras la aplicación de la corrección FDR.

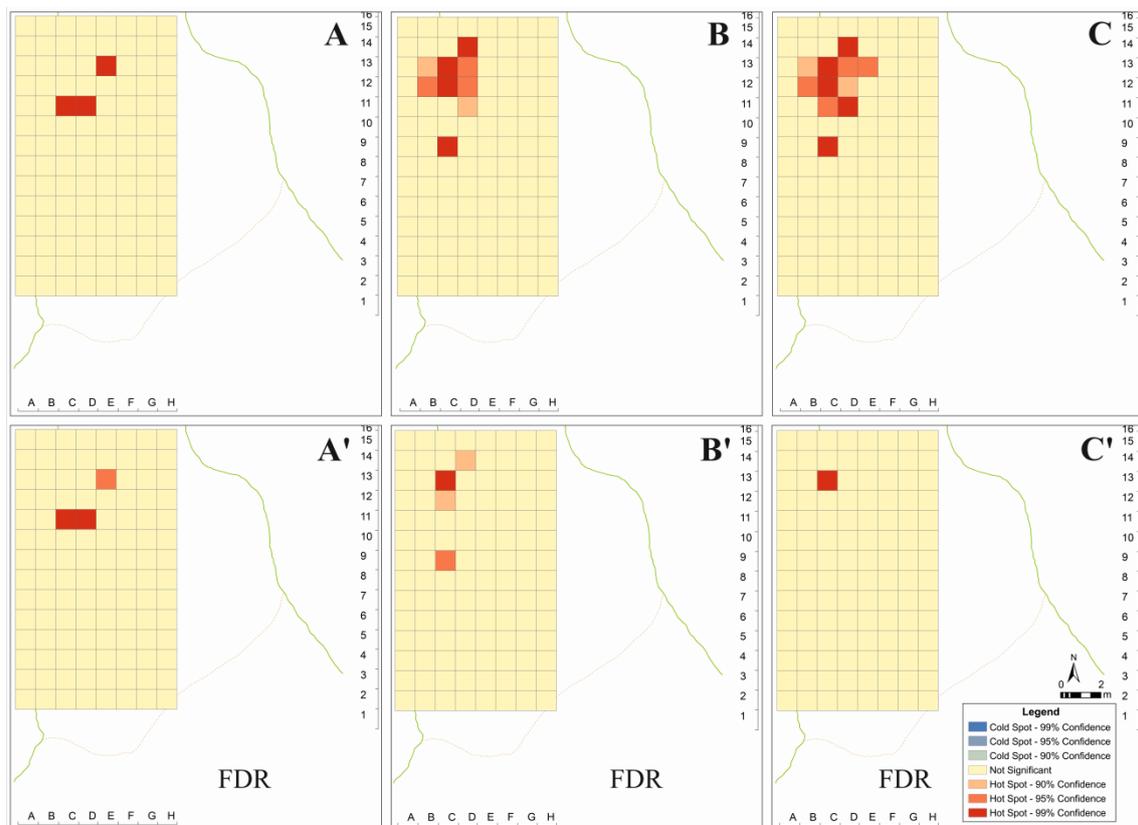


Figura 4.2.25: Planta de dispersión Getis-Ord  $G_i^*$  según las relaciones espaciales inversa e inversa cuadrada aplicadas al número de restos por cuadro. A) Alteración por carnívoros (chupeteo, *scores*, *punctures*) y A') Aplicación de la corrección FDR al conjunto analizado en A. B) Huesos digeridos y B') Aplicación de FDR al conjunto analizado en B. C) Total de huesos con marcas de alteración por

carnívoros (huesos con marcas de alteración por carnívoros y digeridos) y C') Aplicación de FDR al conjunto analizado en C.

Figure 4.2.25: Distribution map after the application of Getis-Ord  $G_i^*$  (inverse distance and inverse distance squared) to the amount of rests contained in each square: A) Altered by carnivores (gnawing, scores, punctures) and A') Application of the FDR correction to A. B) Digested bones and B') Application of the FDR correction to B. C) Total amount of bones with evidences of alteration by carnivores (digested and tooth marks) and C') Application of the FDR correction to C.

Respecto al análisis Getis-Ord  $G_i^*$  aplicado a los huesos con evidencias de actividad antrópica, los resultados se han estructurado como en la variable anterior, describiendo primero los de banda fija y después los de las relaciones espaciales inversa e inversa cuadrada. De esta forma, los resultados obtenidos para la banda fija muestran que las marcas de alteración por actividad antrópica (Fig. 4.2.26A) se concentran en varios cuadros *hotspot* con altos porcentajes de confianza estadística, como 11C, 12B-C-D, 13C-D y 14D. Otros cuadros adyacentes también muestran significancia estadística, pero con un porcentaje menor de confianza. Estos cuadros son eliminados tras la aplicación de la corrección FDR, mientras que los cuadros 11C, 12B-C-D y 13C-D mantienen su significancia estadística con un 99% de confianza. El cuadro 14D es reducido a un 95%.

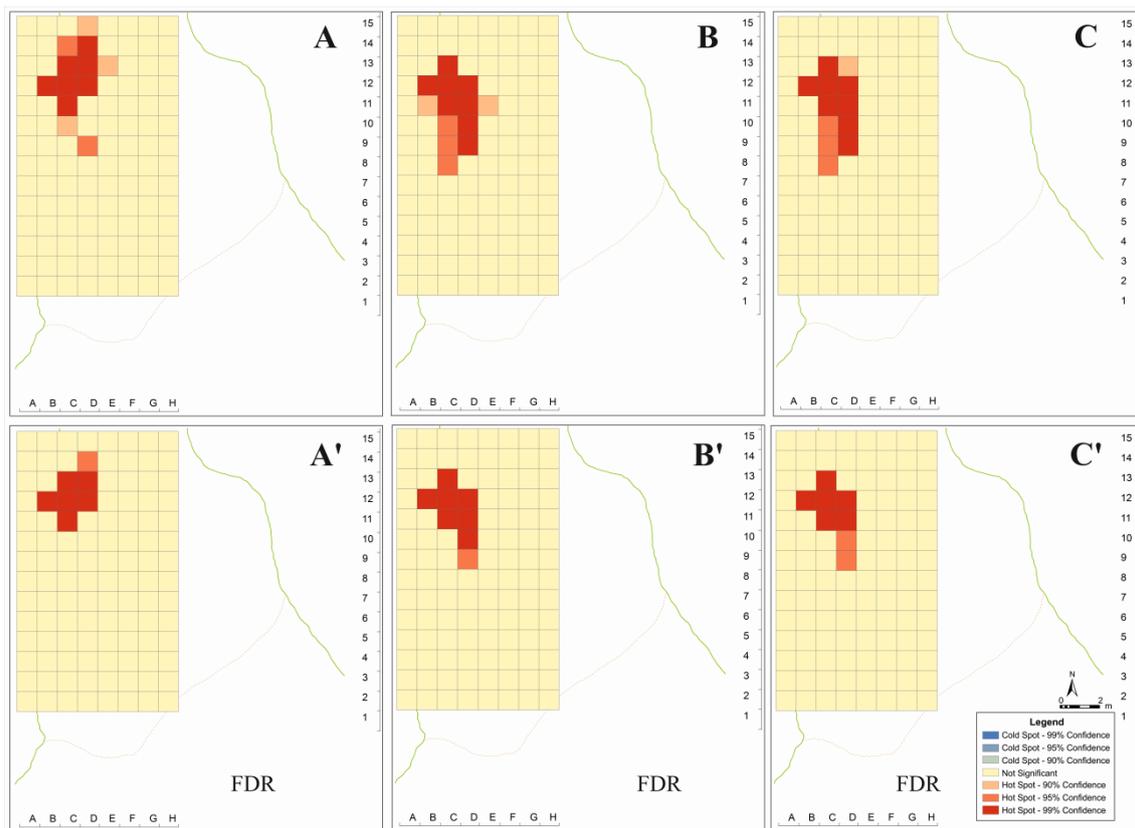


Figura 4.2.26: Planta de dispersión Getis-Ord  $G_i^*$  según la relación de banda fija aplicada al número de restos por cuadro. A) Alteración antrópica (fracturas en fresco, marcas de corte y lascas) y A') Aplicación de la corrección FDR al conjunto analizado en A. B) Huesos quemados y B') Aplicación de FDR al conjunto analizado en B. C) Total de huesos con marcas de alteración antrópica (huesos con marcas de actividad antrópica y con evidencias de combustión) y C') Aplicación de FDR al conjunto analizado en C.

*Figure 4.2.26: Distribution map after the application of Getis-Ord  $G_i^*$  (fixed band) to the amount of rests contained in each square: A) Anthropogenic alteration (fresh fractures, cut marks and bone flakes) and A') Application of the FDR correction to A. B) Burnt bones and B') Application of the FDR correction to B. C) Total amount of bones with evidences of alteration by humans (burnt bones and cut marks) and C') Application of the FDR correction to C.*

En cuanto a los huesos quemados (Fig. 4.2.26B), son varios los cuadros que muestran porcentajes elevados de confianza, como 9D, 10D, 11C-D, 12B-C-D y 13C. Los cuadros 10C, 9C, 8C, 11B-E también muestran significancia estadística, pero con porcentajes de confianza inferiores. La aplicación de FDR mantiene los cuadros 10D, 11C-D, 12B-C-D y 13C. El resto de cuadros son suprimidos, a excepción del cuadro 9D que reduce el porcentaje de confianza estadística. Por último, el total de restos con evidencias de alteración antrópica (Fig. 4.2.26C) muestra unos conjuntos de valores altos casi idénticos a los observados según la variable de materiales quemados. Los cuadros con un 99% de confianza son los mismos, variando ligeramente los cuadros de menor porcentaje, como el cuadro 13D. La corrección FDR mantiene los mismos cuadros al 99%, excepto el cuadro 11D que se reduce a un 95% de significancia estadística. El cuadro 9D se mantiene igual que sin la aplicación de FDR.

En cuanto a las relaciones espaciales inversa e inversa cuadrada, al igual que ocurría en el análisis de la variable de alteración por carnívoros, hay diferencias bastante significativas entre la relación de banda fija y las relaciones inversa e inversa cuadrada, siendo estas últimas más dispersas y mostrando conjuntos más reducidos. Los cuadros 14D, 15D y 12C son los que muestran una concentración de valores altos con porcentajes elevados de confianza para el caso de alteración antrópica (Fig. 4.2.27A). Los cuadros 11B, 10D y 9C también son estadísticamente significativos, pero con porcentajes inferiores de confianza. Estos cuadros no muestran representación tras la aplicación de la corrección FDR, mientras que los cuadros 14D y 12C se mantienen y el cuadro 13D es reducido a un 95%.

En cuanto a los restos con evidencias de combustión (Fig. 4.2.27B), los cuadros 12C, 11D y 9C son los que concentran los valores altos de mayor porcentaje de confianza, mientras que los cuadros 12B-D y 9D presentan porcentajes inferiores. La aplicación de FDR reduce los cuadros con un 99% de confianza a 12C y 11D, mientras que el cuadro 9C se queda en un 95%. En el caso del total de restos con marcas de actividad antrópica (Fig. 4.2.27C), se observa que los cuadros 12C, 11D y 9C vuelven a ser los que muestran una mayor confianza estadística. Los cuadros 12B, 10D y 11D muestran también significancia, pero en porcentajes inferiores de confianza. La aplicación de FDR suprime los cuadros de menor confianza, manteniendo los cuadros 12C y 11D y reduciendo el porcentaje del cuadro 9C a un 95%.

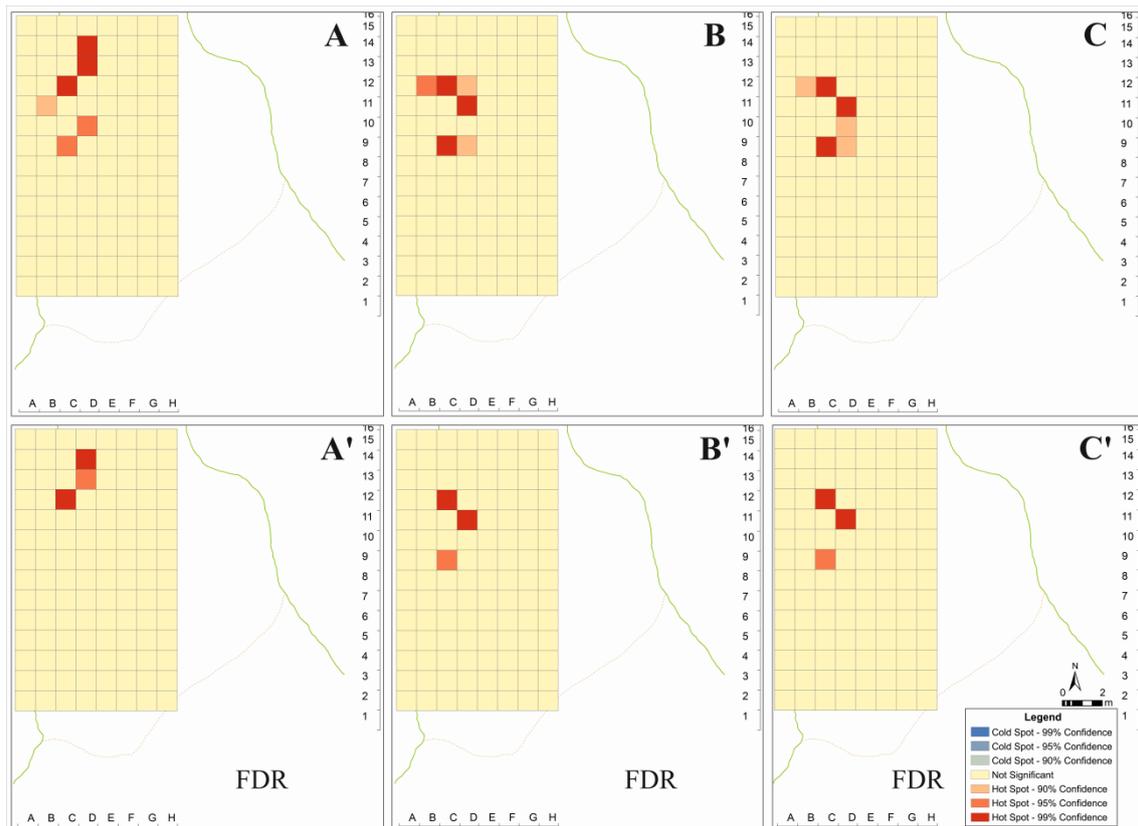


Figura 4.2.27: Planta de dispersión Getis-Ord  $G_i^*$  según las relaciones espacial inversa e inversa cuadrada aplicadas al número de restos por cuadro. A) Alteración antrópica (fracturas en fresco, marcas de corte y lascas) y A') Aplicación de la corrección FDR al conjunto analizado en A. B) Huesos quemados y B') Aplicación de FDR al conjunto analizado en B. C) Total de huesos con marcas de alteración antrópica (huesos con marcas de actividad antrópica y con evidencias de combustión) y C') Aplicación de FDR al conjunto analizado en C.

Figure 4.2.27: Distribution map after the application of Getis-Ord  $G_i^*$  (inverse distance and inverse distance squared) to the amount of rests contained in each square: A) Anthropogenic alteration (fresh fractures, cut marks and bone flakes) and A') Application of the FDR correction to A. B) Burnt bones and B') Application of the FDR correction to B. C) Total amount of bones with evidences of alteration by humans (burnt bones and cut marks) and C') Application of the FDR correction to C.

El análisis del resto de variables (NISP, disolución por agua y dimensión media) también se ha estructurado como los anteriores, analizando primero la relación de banda fija y después las relaciones inversa e inversa cuadrada. De esta forma, el resultado obtenido tras la aplicación de Getis-Ord  $G_i^*$  al NISP muestra que la concentración de valores altos con un 99% de confianza estadística se da en los cuadros 9C-D, 10D, 11C-D, 12B-C-D y 13C-D (Fig. 4.2.28A). Otros cuadros estadísticamente significativos, pero con un porcentaje menor de confianza, también se encuentran representados: 8C, 10C, 11E y 13B. La aplicación de la corrección FDR mantiene prácticamente igual el conjunto principal hotspot, a excepción de la reducción del porcentaje de confianza en los cuadros 9C y 10D. El resto de cuadros que mostraban un porcentaje menor, han sido suprimidos.

En el caso de los huesos con marcas de disolución por agua (Fig. 4.2.28B), el resultado es muy llamativo, ya que ambas distribuciones (sin y con la aplicación de

la corrección FDR) se mantienen idénticas. De esta forma, los cuadros que muestran un 99% de confianza en la concentración de valores altos son 8C, 9B-C-D y 10C.

La distribución de valores según la dimensión media de los materiales se aleja bastante al tipo de conjuntos que se han analizado, ya que muestra un patrón de dispersión de valores altos y bajos que se extiende por gran parte del área excavada (Fig. 4.2.28C). Los cuadros que muestran valores más altos con un alto porcentaje de confianza son 8D-E, 9E, 11C-D-E, 12C-D, 13C-D-E y 14D. También se encuentran, aunque con un porcentaje bastante bajo de confianza, algunos cuadros *coldspot* que muestran una concentración de valores bajos. En este caso, estos valores bajos se encuentran hacia el sur del área, abarcando las bandas 4 y 3 prácticamente en su totalidad. Sin embargo, el bajo porcentaje de confianza supone su eliminación tras la aplicación de la corrección FDR. El resultado tras la aplicación de FDR muestra que la concentración de valores altos (cuadros 8D-E, 9E, 11C-D-E, 12C-D, 13D-E y 14D) ha sido reducida a un 90% de confianza.

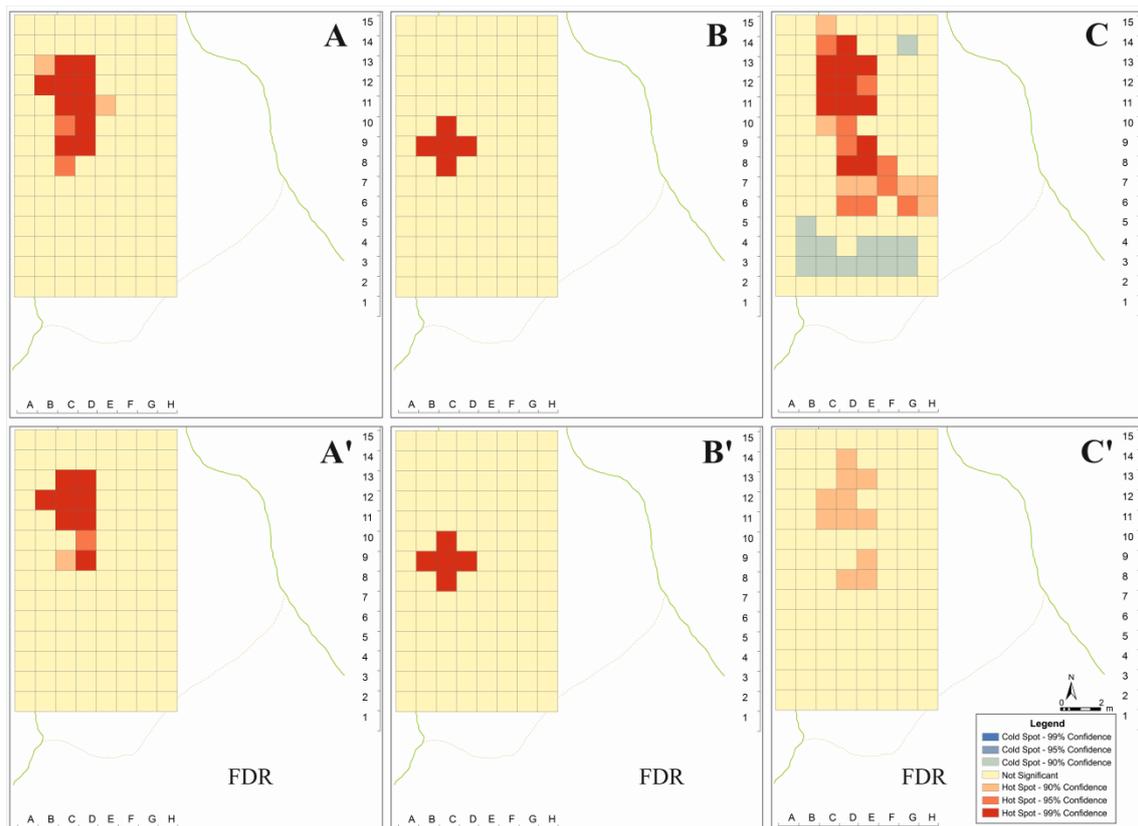


Figura 4.2.28: Planta de dispersión Getis-Ord  $G_i^*$  según la relación de banda fija aplicada al número de restos por cuadro. A) NISP y A') Aplicación de la corrección FDR al conjunto analizado en A. B) Huesos con marcas de disolución por agua y B') Aplicación de FDR al conjunto analizado en B. C) Longitud media de los huesos y C') Aplicación de FDR al conjunto analizado en C.

Figure 4.2.28: Distribution map after the application of Getis-Ord  $G_i^*$  (fixed band) to the amount of rests contained in each square: A) NISP and A') Application of the FDR correction to A. B) Bones with evidences of dissolution by water and B') Application of the FDR correction to B. C) Mean length and C') Application of the FDR correction to C.

La aplicación de las relaciones espaciales inversa e inversa cuadrada muestra unos patrones de dispersión de valores muy alejados a los obtenidos con la banda fija. El análisis según NISP muestra que los cuadros 9C, 11D y 12C son los que muestran valores altos con una mayor confianza estadística (Fig. 4.2.29A), los cuales se mantienen tras la aplicación de la corrección FDR. Los cuadros 12D y 13C muestran porcentajes más bajos de confianza, por lo que son eliminados tras la aplicación de FDR.

En el caso de los huesos con evidencias de disolución por agua, solo son dos los cuadros *hotspot*, pero solo uno (9C) con una significancia estadística de un 99% de confianza que se mantiene tras la aplicación de FDR (Fig. 4.2.29B). El otro cuadro, 11D, muestra un nivel de confianza del 95% pero que es suprimido al aplicar FDR. El patrón de distribución mostrado según la variable de dimensión media de los restos es muy dispersa (Fig. 4.2.29C), mostrando varios cuadros *hotspots* pero solo uno con una confianza del 99% (8E). La aplicación de la corrección FDR no considera como estadísticamente significativos ninguno de los *clusters* identificados.

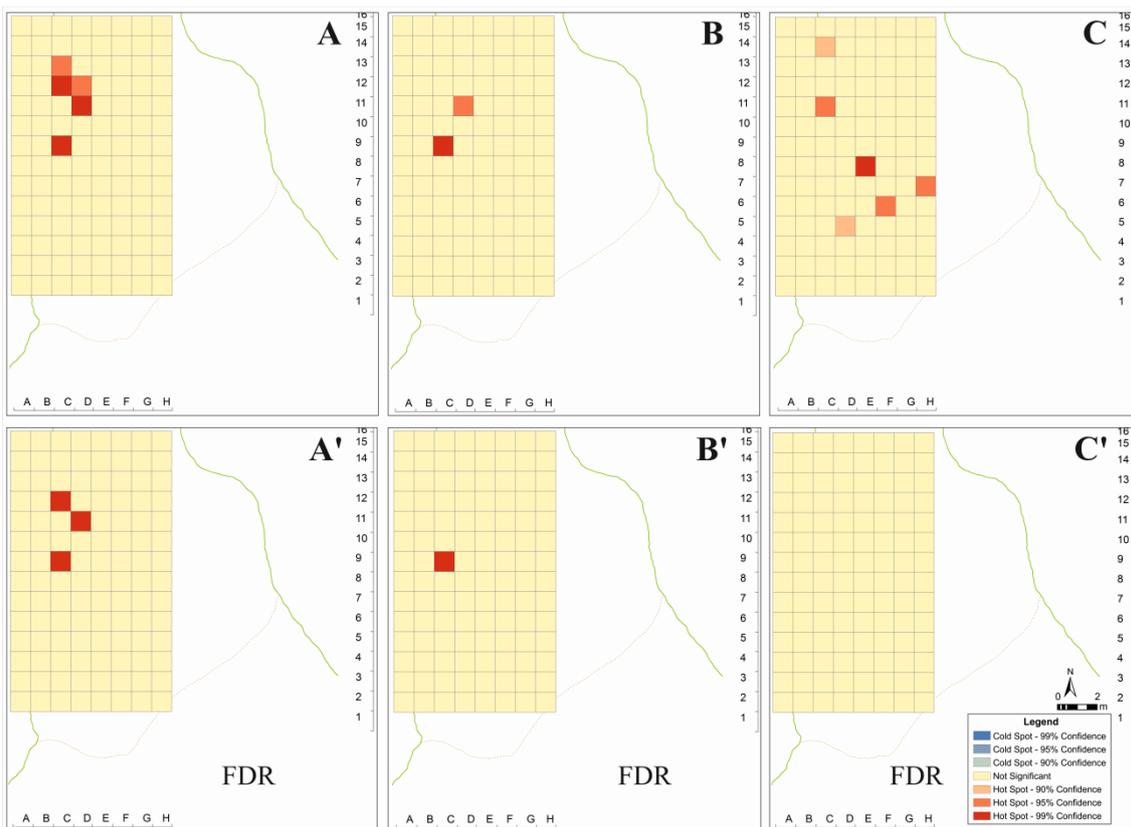


Figura 4.2.29: Planta de dispersión Getis-Ord  $G_i^*$  según las relaciones espaciales inversa e inversa cuadrada aplicadas al número de restos por cuadro. A) NISP y A') Aplicación de la corrección FDR al conjunto analizado en A. B) Huesos con marcas de disolución por agua y B') Aplicación de FDR al conjunto analizado en B. C) Dimensión media de los huesos y C') Aplicación de FDR al conjunto analizado en C.

Figure 4.2.29: Distribution map after the application of Getis-Ord  $G_i^*$  (inverse distance and inverse distance squared) to the amount of rests contained in each square: A) NISP and A') Application of the

*FDR correction to A. B) Bones with evidences of dissolution by water and B') Application of the FDR correction to B. C) Mean length and C') Application of the FDR correction to C.*

Se ha podido observar que la aplicación de la relación espacial de banda fija muestra conjuntos aparentemente más sólidos y concentrados, mientras que las bandas inversa e inversa cuadrada muestran una mayor dispersión en los *clusters*, reduciéndose significativamente tras la aplicación de la corrección FDR. El análisis de los restos de huesos que han sufrido alteración por carnívoros muestra un patrón de acumulación más concentrado, principalmente limitado entre las bandas 11-14. Sin embargo, el patrón obtenido tras el análisis de las alteraciones antrópicas muestra un *cluster* menos concentrado y más alargado hacia el sur, de forma que las principales acumulaciones de material quedan entre las bandas 8-14. Hay varios cuadros que coinciden en cuanto al tipo de alteraciones identificadas. El cuadro 11C concentra alteraciones por parte de carnívoros (chupeteo, marcas de dientes), de humanos (fracturas en frescos, lascas, marcas de dientes) y restos quemados. Los cuadros 12B-C-D, huesos digeridos, alteración antrópica y restos quemados. El cuadro 13D, marcas de carnívoros, restos digeridos y alteración antrópica. El 13C, restos digeridos, marcas antrópicas y restos quemados. Y el cuadro 14D, restos digeridos y con marcas de actividad antrópica. Con estos datos, se puede decir que se encuentra cierta relación en la acumulación de restos digeridos y la presencia de marcas de actividad antrópica (marcas de corte, percusión en fresco, lascas), así como la presencia de restos quemados y marcas de actividad antrópica.

#### 4.2.6.3. Anselin Local Moran's I

El análisis Anselin Local Moran's I de los patrones de concentración de los huesos que muestran alteraciones por carnívoros (*chupeteo, scores, punctures*), humanos (*fracturas, cutmarks*) o agentes naturales (disolución por agua) se ha llevado a cabo, al igual que el resto de análisis realizados con esta herramienta, con 99 permutaciones. Los resultados se han ordenado según el tipo de alteración, describiendo cada una de las plantas de distribución de agrupaciones según la relación espacial aplicada. Al contrario que en el caso del análisis Getis-Ord  $G_i^*$ , las distancias inversa e inversa cuadrada muestran patrones diferentes. Además, la aplicación de la corrección FDR para todas las variables y relaciones espaciales no ha revelado agrupaciones estadísticamente significativas, por lo que no se han incluido en las figuras que acompañan a las descripciones de los resultados obtenidos con esta herramienta. Los resultados obtenidos con los datos de los huesos afectados por la actividad de carnívoros muestran resultados bastante similares entre las relaciones espaciales aplicadas, con *clusters* bien delimitados y coherentes entre sí. La variable de alteración por carnívoros (chupeteo y marcas de dientes) según la banda fija (Fig. 4.2.30A) muestra un *cluster* comprendido entre las bandas 10 y 13, siendo los cuadros 11B-C-D, 12C y 13D los que presentan la mayor concentración de valores altos. Por otra parte, los cuadros 10C, 11E y 12D

(en azul oscuro) muestran un patrón de concentración de valores altos en torno a valores bajos, lo que indicaría que dicho cuadro representaría una acumulación estadísticamente significativa de valores altos alrededor de un cuadro de valor bajo. La relación inversa (Fig. 4.2.30B) coincide parcialmente con la banda fija, con la diferencia de una ubicación diferente de dos de los cuadros, uno correspondiente a *HH* (12E) y otro a *LH* (10D). En el caso de la relación inversa cuadrada (Fig. 4.2.30C), se muestra una conjunción entre los patrones obtenidos en la banda fija y en la inversa, con la única diferencia de un cuadro más que concentra valores altos (13C).

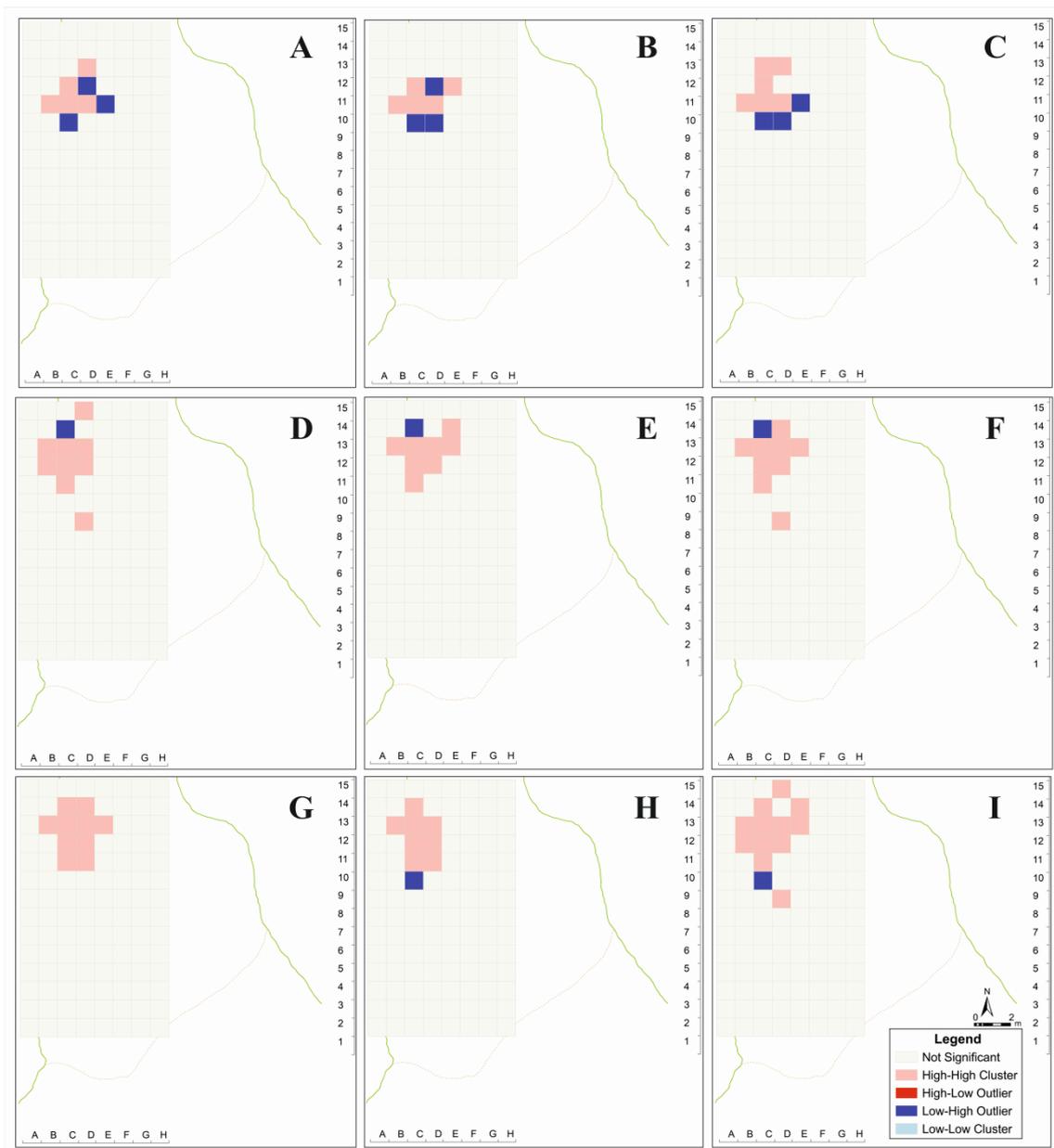


Figura 4.2.30: Planta de dispersión Anselin Local Moran's I según las relaciones espaciales aplicadas a las variables de alteración por carnívoros (chupeteo, *scores*, *punctures*) (A: banda fija, B: inversa, C: inversa cuadrada), restos digeridos (D: banda fija, E: inversa, F: inversa cuadrada) y total de huesos con marcas de alteración por carnívoros (digeridos y con marcas de actividad de carnívoros) (G: banda fija, H: inversa, I: inversa cuadrada).

Figure 4.2.30: Distribution map according to the application of Anselin Local Moran's I to the variables of alteration by carnivores (gnawing, scores, punctures) (A: fixed band, B: inverse distance, C: inverse distance squared), digested bones (D: fixed band, E: inverse distance, F: inverse distance squared) and total amount of bones with alteration by carnivores (digested and tooth marks) (G: fixed band, H: inverse distance, I: inverse distance squared).

En el caso de los restos de huesos con huellas de digestión, se puede apreciar que los conjuntos delimitados por Anselin Local Moran's I son muy similares, habiendo ligeras diferencias entre los tres pero manteniendo el mismo cuadro *LH* (14C). Los cuadros que concentran los valores altos muestran pequeñas variaciones, siendo los cuadros 11C, 12C-D y 13B-C-D comunes a las tres relaciones espaciales. El conjunto que muestra una mayor delimitación es el correspondiente a la relación inversa (Fig. 4.2.30E), mientras que la banda fija (Fig. 4.2.30D) y la inversa cuadrada (Fig. 4.2.30F) destacan un mismo cuadro *HH* aislado (9D).

Los resultados obtenidos al analizar el total de restos con alguna alteración por carnívoros, ya sea por digestión o por marcas de dientes, muestran diferencias bastante notables entre las relaciones espaciales aplicadas. En primer lugar, la banda fija (Fig. 4.2.30G) no muestra ningún cuadro con valores bajos, sino que todo el conjunto está compuesto por cuadros que reflejan una acumulación de valores altos. El *cluster* está bien delimitado y se concentra en los cuadros 11C-D, 12C-D, 13B-C-D-E y 14C-D. En segundo lugar, la relación inversa (Fig. 4.2.30H) muestra una distribución menos concentrada, pero bastante delimitada. El cuadro 10C es el único *LH*, mientras que el resto muestran valores altos. Esta concentración de valores altos engloba los cuadros 11C-D, 12C-D, 13B-C-D y 14C. Por último, la relación inversa (Fig. 4.2.30I) cuadrada muestra el patrón más disperso de las tres relaciones. La distribución de los cuadros que muestran las concentraciones de valores altos no refleja tanta agrupación como en las otras dos relaciones, aunque se mantiene el mismo cuadro *LH* que en la inversa. Los cuadros *HH* se encuentran enmarcados entre las bandas 9 y 15, comprendiendo los cuadros 9D, 11C, 12B-C-D, 13B-C-D-E, 14C-E y 15D.

El patrón de acumulación obtenido con la variable de alteración antrópica (fracturas en fresco, marcas de corte, lascas) muestra, para la banda fija (Fig. 4.2.31A), varios cuadros de valores altos (11C, 12B, 13C-D y 14C) y tres cuadros que reflejan valores bajos rodeados por valores altos (10C, 12D y 15D). En el caso de la relación inversa (Fig. 4.2.31B), también se mantienen tres cuadros *LH*, pero variando ligeramente su disposición (12D, 14E y 15D), al igual que también ocurre en el caso de los cuadros *HH*. Los cuadros 11C, 12B, 13C-D y 14C se mantienen, pero también se encuentran valores altos en los cuadros 9D (aislado del resto) y 13E. La relación inversa cuadrada (Fig. 4.2.31C) muestra los mismos cuadros que la inversa, tanto en *HH* como en *LH*, a excepción de la consideración como no estadísticamente significativos los cuadros de la banda 14.

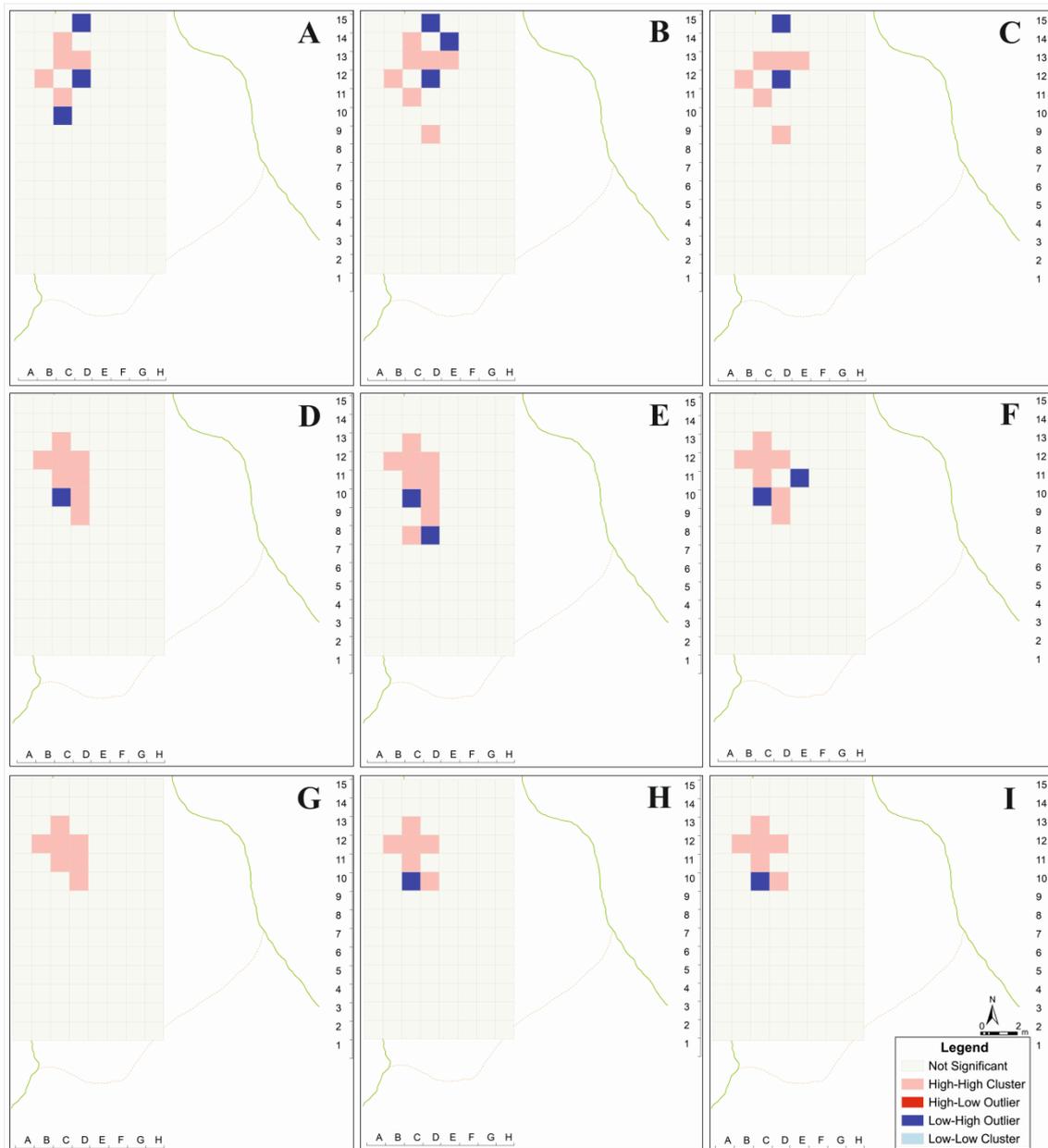


Figura 4.2.31: Planta de dispersión Anselin Local Moran's I según las relaciones espaciales aplicadas a las variables de alteración antrópica (fractura en fresco, marcas de corte y lascas) (A: banda fija, B: inversa, C: inversa cuadrada), restos quemados (D: banda fija, E: inversa, F: inversa cuadrada) y total de huesos con marcas de actividad antrópica (quemados y con marcas de alteración antrópica) (G: banda fija, H: inversa, I: inversa cuadrada).

Figure 4.2.31: Distribution map according to the application of Anselin Local Moran's I to the variables of alteration by humans (fresh fractures, cut marks and bone flakes) (A: fixed band, B: inverse distance, C: inverse distance squared), burnt bones (D: fixed band, E: inverse distance, F: inverse distance squared) and total amount of bones with alteration by humans (burnt and cut marks) (G: fixed band, H: inverse distance, I: inverse distance squared).

La distribución de los huesos quemados según la banda fija (Fig. 4.2.31D) muestra un conjunto bastante delimitado, con cuadros que muestran la concentración de valores altos comprendidos entre las bandas 13 a la 9 (9D, 10D, 11C-D, 12B-C-D y 14C). El cuadro 10C refleja la existencia de un valor bajo rodeado por valores altos. La relación inversa (Fig. 4.2.31E) muestra bastantes similitudes con la banda fija,

resaltando los mismos cuadros, tanto *HH* como *LH*. La diferencia más significativa es la presencia de un cuadro *LH* (8D) y *HH* (8C) en la misma banda y hacia el sur de la zona del conjunto resaltado por la banda fija y la inversa. La relación inversa cuadrada (Fig. 4.2.31F) es igual que la banda fija, a excepción del cuadro 11E que en la banda fija no se mostraba como estadísticamente significativo, pero que en esta relación se muestra como *LH*. Además, mientras en la banda fija se mostraba como *HH* el cuadro 11D, en la inversa cuadrada no muestra significancia. Las plantas correspondientes al total de huesos que presentan marcas de actividad antrópica muestran patrones muy similares para las tres relaciones espaciales. La banda fija (Fig. 4.2.31G) destaca un *cluster* de valores altos que engloban los cuadros 10D, 11C-D, 12B-C-D y 13C. Las relaciones inversa (Fig. 4.2.31H) e inversa cuadrada (Fig. 4.2.31I) presentan el mismo patrón, coincidiendo con la banda fija en los cuadros 11C, 12B-C-D y 13C, pero clasificando el cuadro 10D como *HH* y el 10C como *LH*.

Los patrones de distribución obtenidos tras el análisis de NISP muestran bastante semejanza entre las relaciones espaciales. Las bandas fija (Fig. 4.2.32A) e inversa cuadrada (Fig. 4.2.32C) identifican el mismo *cluster* con las mismas características, a excepción de un cuadro (3D) en la banda fija que detecta la concentración de valores bajos (*LL*). Al margen de este cuadro aislado, el conjunto se encuentra compuesto por una mayoría de cuadros que concentran valores altos (9D, 10D, 11C-D, 12B-C-D y 13C-D) y dos cuadros *LH* (10C y 11E).

La relación inversa (Fig. 4.2.32B) es también muy parecida a las otras dos, pero con la identificación del cuadro 11E como valor bajo rodeado de valores altos (*LH*). Al contrario de las otras relaciones espaciales, el cuadro 11D no es considerado estadísticamente significativo. En cuanto a los huesos que muestran signos de alteración por disolución de agua, la banda fija (Fig. 4.2.32D) muestra una mayoría de cuadros *LH* (9B, 10D y 12D) bastante separados los unos de los otros, algo que no se observa en los cuadros que concentran los valores altos, ya que éstos son dos y se encuentran adyacentes entre sí (8C y 9D). La relación inversa (Fig. 4.2.32E) también muestra una mayoría de cuadros *LH* (9B, 10D y 11C), bastante dispersos, e incluso uno de ellos aislado de lo que sería el *cluster* principal (5E). Los cuadros *HH* son 8C, 9D y 10C. Por su parte, la relación inversa cuadrada (Fig. 4.2.32F) también identifica una mayoría de cuadros de valores bajos rodeados por valores altos (*LH*) (9B, 10D y 11C-E) y solo dos cuadros *HH* (8C y 9D). Como se puede observar, los cuadros *HH* coinciden en las tres relaciones espaciales, al igual que dos de los cuadros *LH*. Los resultados obtenidos según la variable de dimensión media de los huesos contenidos en las bolsas de “no-identificables”, muestran patrones más complejos que los de las otras variables.

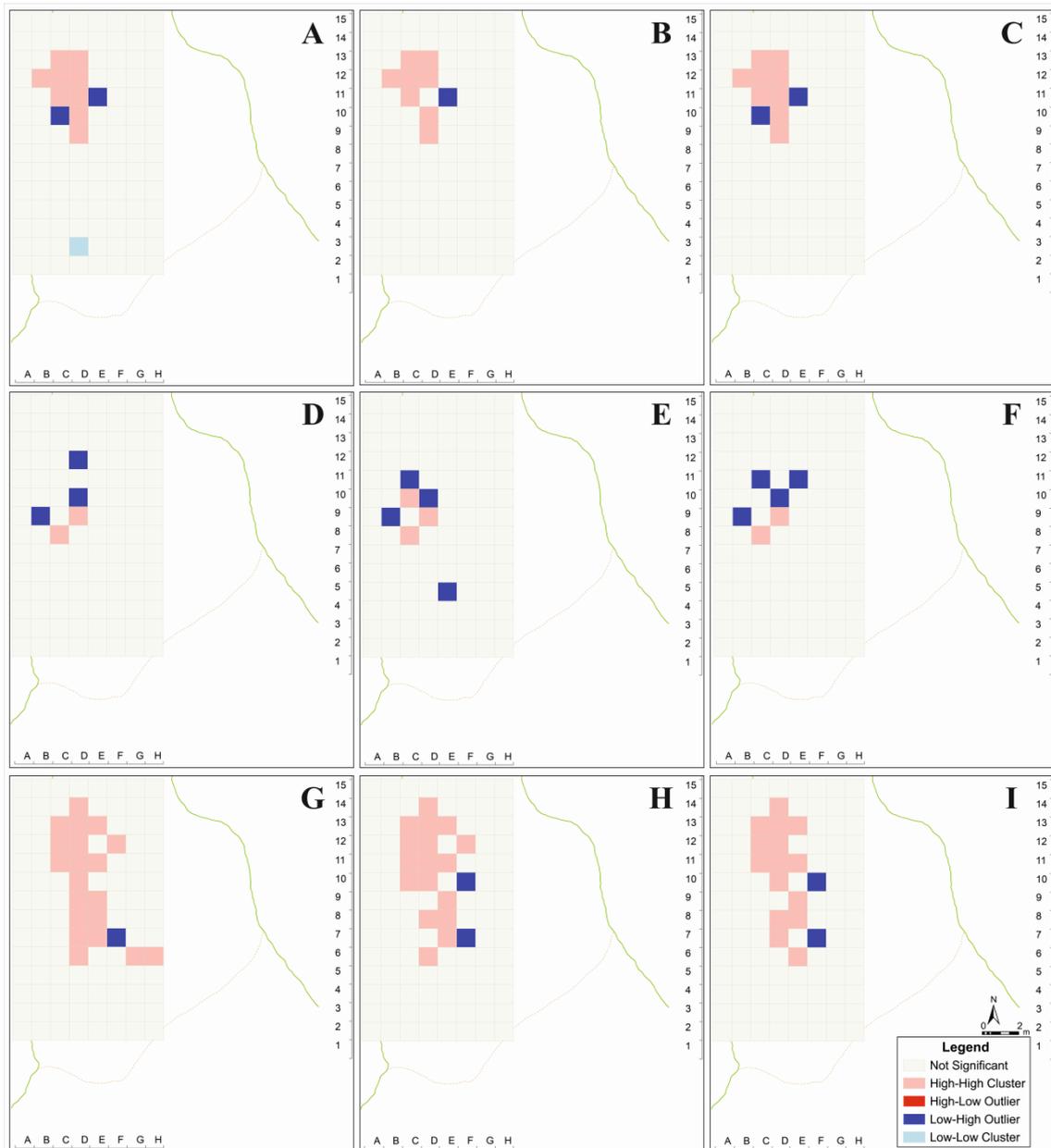


Figura 4.2.32: Planta de dispersión Anselin Local Moran's I según las relaciones espaciales aplicadas a las variables NISP (A: banda fija, B: inversa, C: inversa cuadrada), huesos con evidencias de alteración por disolución por agua (D: banda fija, E: inversa, F: inversa cuadrada) y dimensión media (G: banda fija, H: inversa, I: inversa cuadrada).

Figure 4.2.32: Distribution map according to the application of Anselin Local Moran's I to NISP (gnawing, scores, punctures) (A: fixed band, B: inverse distance, C: inverse distance squared), bones with evidences of alteration by water (D: fixed band, E: inverse distance, F: inverse distance squared) and mean length (digested and tooth marks) (G: fixed band, H: inverse distance, I: inverse distance squared).

La banda fija (Fig. 4.2.32G) refleja una mayoría de cuadros que representan concentraciones de valores altos y solo un cuadro *LH* (7F). Los cuadros *HH* se encuentran repartidos entre las bandas 6 a la 14, haciendo de esta variable la más repartida por todo el área analizada de Amalda. La relación inversa (Fig. 4.2.32H) comprende el mismo intervalo de bandas para los cuadros *HH*, pero con algunas diferencias. En esta clasificación, los cuadros 9D y 7D no son considerados

estadísticamente significativos, al contrario de lo que ocurría en la banda fija. Tampoco son considerados los cuadros G-H. La relación inversa (Fig. 4.2.32I) mantiene como *LH* el cuadro 7F, además de identificar el cuadro 10F. En el caso de la relación inversa cuadrada, el patrón mostrado guarda más similitudes con el obtenido por la relación inversa. Mantiene los mismos cuadros *LH* (10F y 7F), pero no los cuadros *HH*. Los valores altos también se encuentran comprendidos entre la banda 6 y la 14, pero sin considerar como estadísticamente significativos los cuadros 12F (sí considerado por la banda fija y la inversa), 10C (considerado en la inversa), 9D (considerado en la fija), 6D y 7E (estos dos últimos sí son significativos en las bandas fija e inversa). El cuadro que, a diferencia de las otras dos relaciones, sí considera estadísticamente significativo es 6E.

Al igual que en el análisis de los patrones identificados por Getis-Ord  $G_i^*$ , también se han identificado ciertas coincidencias en cuanto a la acumulación de restos alterados en algunos de los cuadros. Todos los cuadros hacen referencia a acumulaciones de valores altos (*HH*). El cuadro 11C engloba alteraciones por carnívoros (marcas de dientes y chupeteo), restos digeridos, quemados y alteraciones antrópicas (fracturas en fresco, *cutmarks*, lascas). El cuadro 11D, alteración por carnívoros y restos quemados. El 13D, restos alterados por carnívoros, digeridos y con marcas de actividad antrópica. El 13C, restos digeridos y con marcas antrópicas. El 12C, alteraciones de carnívoros, restos digeridos y quemados. Y, por último, el cuadro 14C que muestra restos quemados y de actividad antrópica. En este caso, no se han detectado patrones muy significativos en la acumulación de restos con algún tipo de alteración, excepto la coincidencia en varios cuadros de la presencia de restos con marcas de carnívoros (chupeteo y marcas de dientes) y restos quemados.

### **4.3. Aranbaltza II**

Los datos empleados para el estudio espacial del yacimiento de Aranbaltza II proceden de las campañas desarrolladas entre los años 2013 y 2016. Todos estos datos han sido tomados con estación total, por lo que se trata de una información bastante precisa que puede ser contrastada con el resto de estudios llevados a cabo en el yacimiento, como la geología. Una de las dificultades encontradas a la hora de abordar el estudio espacial de Aranbaltza II, ha sido la imposibilidad de contrastar los resultados obtenidos en los materiales líticos con los materiales óseos, ya que no se han conservado los restos de fauna en el yacimiento. Por tanto, y al contrario que en el resto de yacimientos estudiados, los datos con los que se ha trabajado son únicamente de industria, limitando las interpretaciones a estos materiales. Pese a la ausencia de restos óseos, los resultados obtenidos a partir del estudio espacial de la industria, junto con los datos estratigráficos, han aportado gran información sobre los procesos que han participado en la formación de este yacimiento.

El estudio que aquí se presenta se centra en el nivel US4b, donde se han encontrado restos líticos característicos del Chatelperroniense. Como se puede ver en la Figura 4.3.1, no se trata de un nivel plano, sino que muestra una pendiente norte-sur bastante pronunciada, además de una distribución aparentemente bastante desigual de los restos.

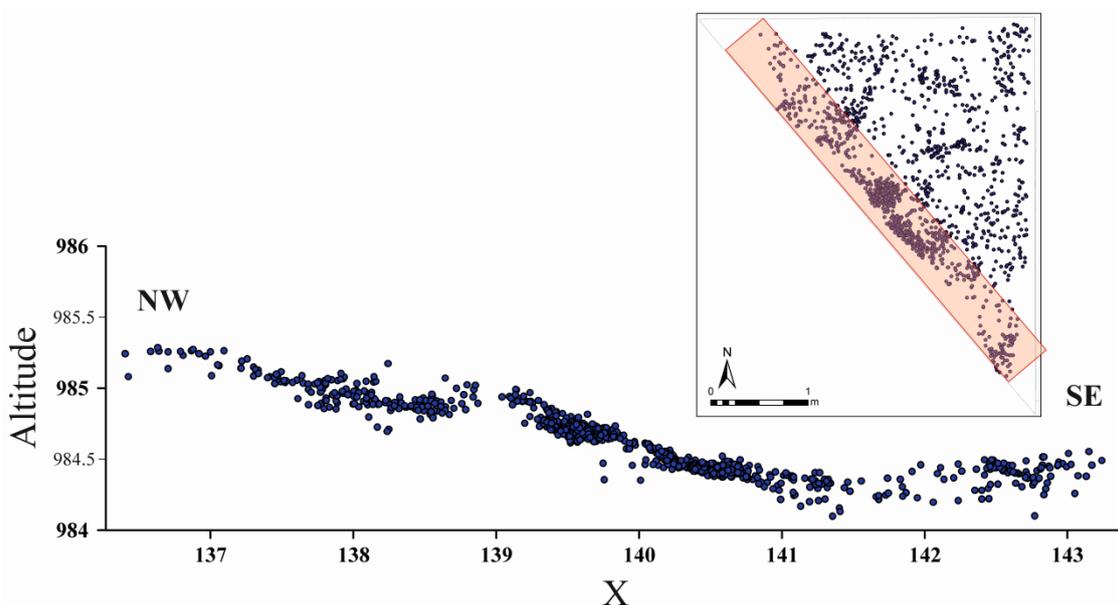


Figura 4.3.1: Proyección NW-SE del nivel US4b (Aranbaltza II).

*Figure 4.3.1: NW-SE projection of the US4b level (Aranbaltza II).*

En este capítulo, se van a exponer los resultados obtenidos tras la aplicación de los análisis de densidad, clasificación de variables, estadística inferencial, así como cálculos de patrones de orientación y pendiente para el análisis tridimensional de fábricas. Todo ello ha proporcionado información muy relevante para interpretar

los procesos responsables de la formación del yacimiento de Aranbaltza II, así como la individualización y cuantificación del impacto de cada uno de dichos procesos.

#### 4.3.1. Análisis de densidad

El mapa de densidad de Aranbaltza II se ha elaborado según la variable de industria lítica, ya que no hay evidencias de fauna. El análisis y posterior proyección según las materias primas se valoró, pero al ser mayoritariamente sílex se descartó debido a que los mapas de densidad resultantes no eran determinantes. La materia prima dominante en todos los ámbitos es el sílex, siendo el resto de materias (arenisca, cuarcita, cuarzo, etc.) meramente testimoniales, aunque también están presentes. Se empleó un análisis kernel con un radio de búsqueda de 0,30 cm, ya que los materiales se encuentran dispersos por toda la extensión y el área de estudio es bastante reducida (el total del área excavada es de unos 18,14 m<sup>2</sup> repartidos en 6,99 m<sup>2</sup> para la zona del este, 7,14 m<sup>2</sup> para la zona principal de excavación y 4,01 m<sup>2</sup> para la zona aislada al SW). El mapa obtenido permite conocer las zonas de mayor y menor concentración de material según la presencia real de restos. La proyección de densidad se ha hecho según dos tipos de proyecciones:

- Puntos PR: Puntos reales tomados en campo con estación total. Debido a que durante los trabajos de excavación se recogieron multitud de piezas en un radio controlado de unos 15 cm, y solo se tomó un único punto de estación a la bolsa para registrar la presencia de dichos materiales, la cantidad real de restos es mucho mayor a la que se puede ver en las proyecciones de puntos.
- Puntos PS: Puntos simulados. Simulación creada a partir de la generación de puntos aleatorios según los datos correspondientes a cada bolsa de material (número de restos contenidos) distribuidos en un radio de 15 cm (Figs. 4.3.2). El radio de recogida de restos se estimó en algo más de 12 cm, pero como esa distancia no fue constante y, en algunas zonas fue mayor, se ha considerado prudente ampliar ligeramente el radio hasta los 15 cm. De esta forma, se tiene una aproximación a la distribución real de los materiales excavados en Aranbaltza II.

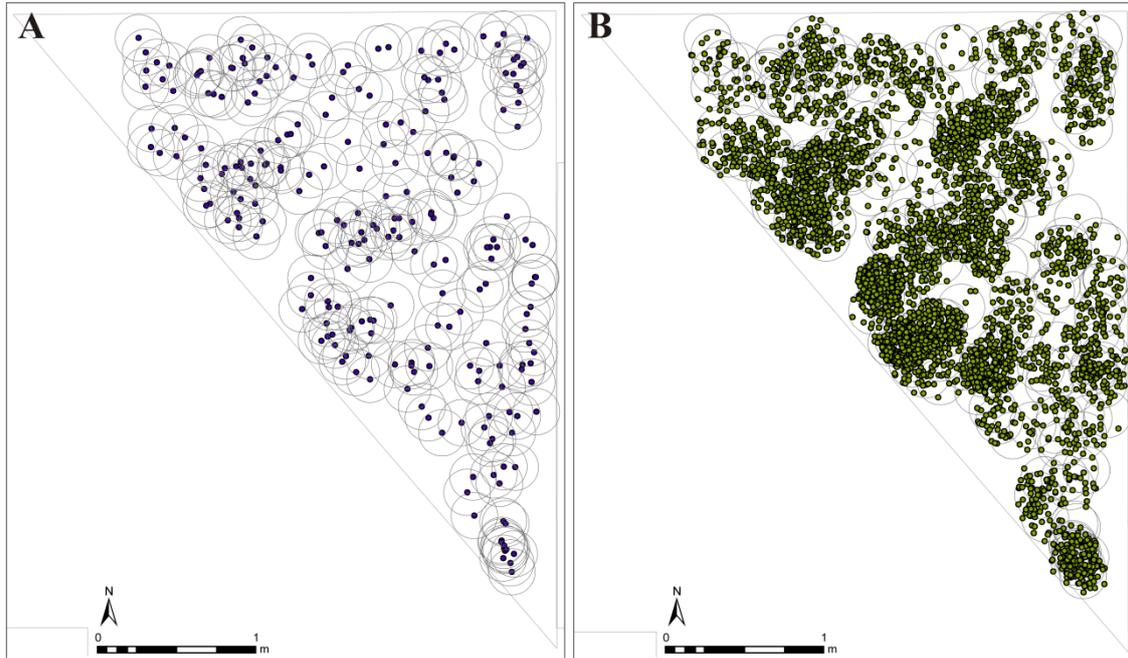


Figura 4.3.2: Plantas de los puntos correspondientes a las bolsas de material coordinadas. Puntos aislados con el radio marcado (A) y proyección de los puntos aleatorios generados según el radio marcado (B).

*Figure 4.3.2: Map of the points corresponding to the bags of material recorded by total station. Isolated points with the radius delimited (A) and projection of random points generated according to a given radius (B).*

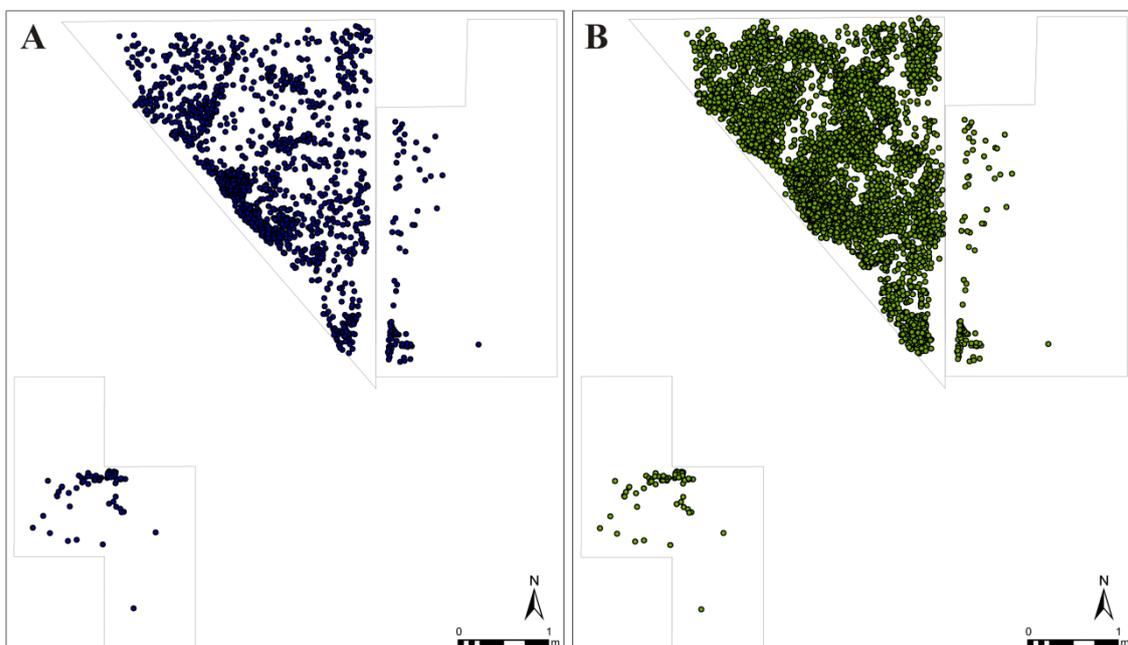


Figura 4.3.3: Plantas con puntos PR (A) y planta total (B), donde se han proyectado las piezas con coordenadas reales tomadas en campo y los puntos simulados generados a partir de la información de las bolsas de material

*Figure 4.3.3: Map with the points PR (A) and the resulting map (B), after the projection of the pieces with real coordinates taken in field and the simulated points generated according to the information from the bags of material.*

Es importante aclarar que todos los análisis que a continuación se describen se han realizado en los puntos PR y en los puntos PS y PR (Fig. 4.3.3), es decir: aunando las piezas con coordenadas reales tomadas en campo y los puntos simulados a partir de la información de las bolsas de material. Para facilitar la lectura, se ha decidido nombrar como PS a esta unificación de información para diferenciarla de los puntos reales tomados en campo (PR). Ningún punto se repite, simplemente se sustituyen los puntos que marcaban las bolsas de material por los puntos que representan la cantidad de piezas contenidas.

La diferencia entre los mapas kernel de PR y PS es mínima, ya que las zonas de máxima acumulación de restos siguen siendo las mismas en ambos casos. Se ha aplicado el mismo radio en ambos casos, pudiéndose observar que la mayor diferencia se da en la geometría de las áreas de densidad. La zona de máxima acumulación de restos quedaría separada de la otra zona de mayor acumulación situada en la zona central-norte en el caso de la densidad PR (Fig. 4.3.4), mientras que en el mapa PS quedarían unidas. En el caso de la clasificación Jenks (Fig. 4.3.5), el resultado es prácticamente el mismo aunque con la diferencia de que en el mapa PR sí quedan unidas ambas concentraciones. En el mapa PS, la distribución es prácticamente igual a la obtenida en kernel.

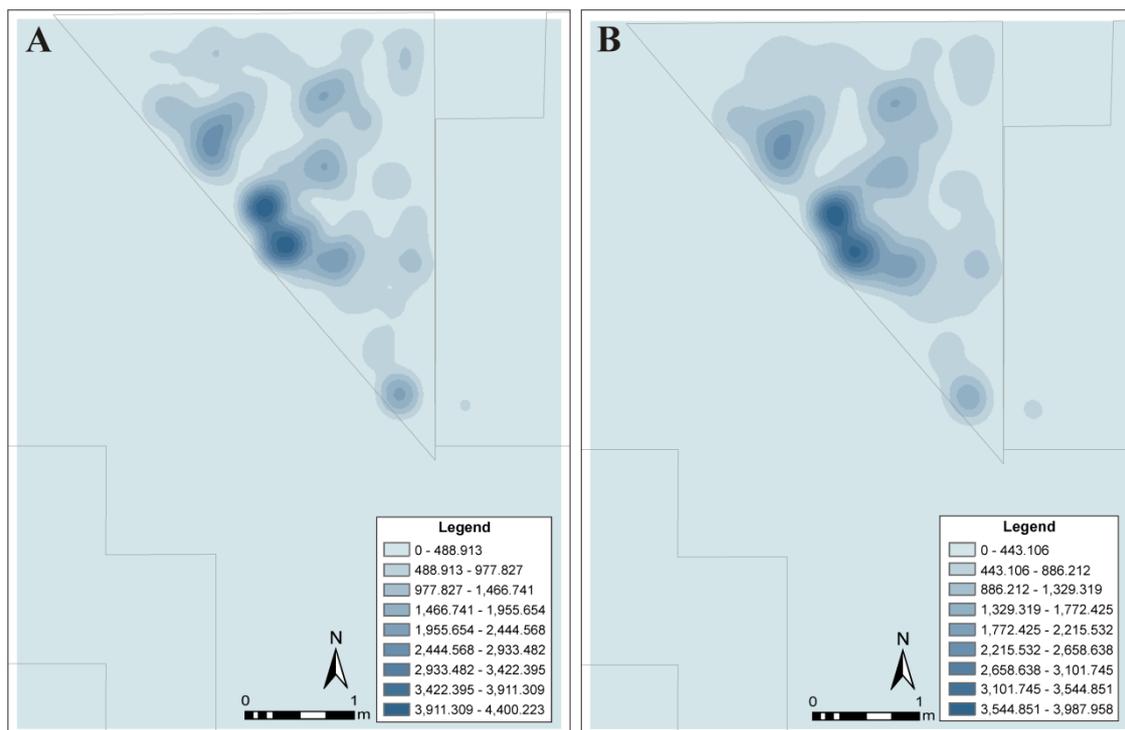


Figura 4.3.4: Plantas de densidad kernel según datos PR (A) y PS (B).

*Figure 4.3.4: Kernel density map according to the PR (A) and PS (B) data.*

La diferencia entre geometrías y extensión de las zonas de mayor concentración de restos obtenida a partir de kernel, en función de si la proyección incluye solo los puntos tomados con estación o los puntos proyectados aleatoriamente según un

radio fijado, es mínima. Para la selección de los conjuntos de mayor significancia, se han aplicado las herramientas Getis-Ord  $G_i^*$  y Anselin Local Moran's I, las cuales han permitido ahondar en estos resultados y resultarán determinantes a la hora de definir las agrupaciones de material más importantes sobre las profundizar en su análisis.

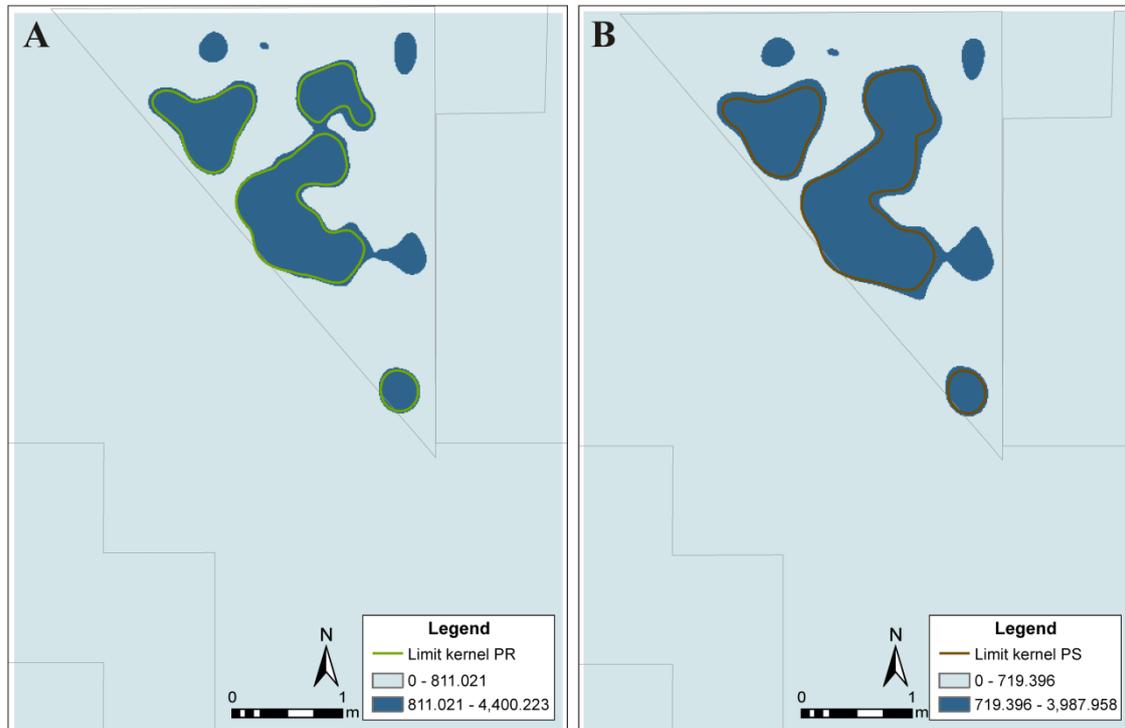


Figura 4.3.5: Plantas de clasificación Jenks para datos PR (A) y PS (B), con la línea de zonas de máxima densidad kernel marcada.

*Figure 4.3.5: Jenks classification map for the PR (A) and PS (B) data. The line delimits the densest area identified by kernel.*

#### 4.3.2. Definición de conjuntos

El análisis para definir los conjuntos más significativos dentro de la distribución espacial de los materiales de Aranbaltza II se ha realizado partiendo de los estudios de densidad, continuando con la aplicación de diferentes herramientas de estadística inferencial. A partir de estos análisis se han localizado las zonas de mayor y menor acumulación de restos, permitiendo, de esta forma, segmentar el área de estudio por zonas según el ratio de concentración de materiales. Para la definición de los conjuntos más significativos se han analizado las distribuciones de puntos PR y PS, así como los cuadrantes según el número de restos contenidos en cada uno de ellos. De esta forma, se han delimitado según criterios estadísticos las zonas de máxima acumulación de material.

Antes de la aplicación de las herramientas de análisis Getis-Ord  $G_i^*$  y Anselin Local Moran's I, se ha procedido a analizar si los materiales por cuadro se encontraban

aleatoriamente distribuidos o agrupados en todo el conjunto del área de estudio. Para ello, se han llevado a cabo una serie de cálculos estadísticos según el número de restos PS ( $n = 5414$ ) y el número de cuadros ( $n = 656$ ) para conocer la relación entre ambos según su distribución por todo el área. Los resultados obtenidos tras los cálculos de Chi-cuadrado y Kolmogorov-Smirnov han permitido conocer que los restos se encuentran agrupados y no aleatoriamente distribuidos, ya que los valores críticos para ambos estadísticos han resultado ser inferiores a los valores calculados para Chi y para K-S según un nivel de significancia de  $p = 0,95$  ( $X^2 (44) = 3,09416E+44 > 55,758$ ;  $K-S (656) = 0,334 > 0,053$ ). A la luz de estos resultados, se procedió a ahondar en estos datos y a cuantificar la agrupación de materiales según su distribución por cuadrantes.

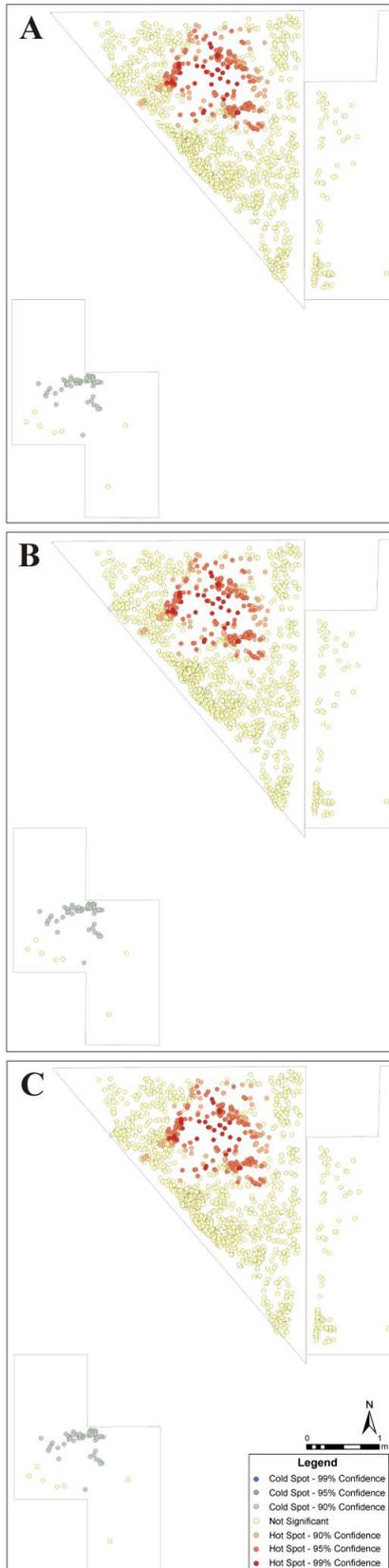
Además de los cálculos estadísticos previamente expuestos, se han llevado a cabo los análisis de vecinos próximos (ANN) y la autocorrelación espacial en función la distribución espacial de los puntos y los cuadros y su valor asociado (Global Moran's I), con el objetivo de ahondar en los patrones de distribución de los restos. De esta forma, se ha obtenido información de la dispersión de los puntos proyectados (PR) con el valor asociado (en este caso, si su valor es 1 o mayor de 1 debido a que se trata de una bolsa de material) y de los cuadrantes en función de si a los cuadros se encontraban asociados los puntos PR o los puntos PS.

Los resultados obtenidos para PR, muestran que tanto en ANN ( $z = -12,23$ ) como en Global Moran's I ( $z = 1,72$ ) los materiales se encuentran agrupados. Esto se debe a que se el tipo de datos que se están tratando son los mismos, coincidiendo el número de puntos proyectados con el número de puntos analizados (aunque el valor de cada punto sea diferente, obviamente). La aplicación de la autocorrelación espacial incremental ha mostrado la existencia de un pico a una distancia de 1,12 m con un  $z$ -score de 2,47, lo cual refleja la distancia en la que se da un agrupamiento más pronunciado.

Por otra parte, los resultados obtenidos para los análisis por cuadrantes de los datos PR y PS según ANN y Global Moran's I no coinciden, debido a que los datos analizados son *diferentes* entre sí. En el caso de ANN se analiza la distribución de los cuadrantes, mientras que Global Moran's I analiza la distribución de los cuadrantes y de los valores contenidos en cada uno de los cuadrantes, así como la relación de dichos valores entre sí. De esta forma, los resultados de ANN para PR muestran que los restos se encuentran dispersos ( $z = 44,54$ ) y los de Global Moran's I muestran que se encuentran agrupados ( $z = 6,15$ ). En el caso de PS, el resultado para ANN es exactamente el mismo que para PR (ya que la distribución de los cuadros permanece invariable), y Global Moran's I muestra que los restos se encuentran agrupados ( $z = 24,88$ ). Por otra parte, la autocorrelación espacial incremental muestra diferencias entre PR y PS. En PR se han detectado dos picos, a una distancia de 1,04 m ( $z$ -score = 6,58) y de 1,13 m ( $z$ -score = 6,79), mientras que

para PS no se han detectado distancias donde el índice de agrupamiento de restos sea estadísticamente significativo.

#### 4.3.2.1. Getis-Ord $G_i^*$



El resultado obtenido tras la aplicación de Getis-Ord  $G_i^*$  ha arrojado datos muy interesantes en cuanto a los patrones de acumulación de restos. Se ha llevado a cabo el análisis de los puntos según el número de restos que representan (PR) y el análisis por cuadrantes según PR y PS. En este último caso, la relación espacial no ha resultado determinante, ya que la aplicación de cada una de ellas ha arrojado resultados invariables.

El análisis de los puntos tomados con estación total según el número de restos que representan (PR) muestra que la mayor concentración de valores altos se da en la zona localizada hacia el centro-norte (Fig. 4.3.6). Esto se debe a que se han considerado como estadísticamente significativas las agrupaciones de valores altos (puntos que representan bolsas de material y cuyo valor es mayor que 1) frente al resto de puntos con valores bajos (puntos cuyo valor es igual a 1). Esta proyección no solo muestra dónde se encuentran los valores altos y bajos, sino el índice de agrupamiento de dichos valores.

Figura 4.3.6: Proyección Getis-Ord  $G_i^*$  de puntos PR. La aplicación de las diferentes relaciones espaciales (A) Distancia fija, B) Distancia inversa, C) Distancia inversa cuadrada) no ha supuesto ninguna variación significativa en la clasificación de *clusters*.

*Figure 4.3.6: Getis-Ord  $G_i^*$  map according to the PR points. The application of the different spatial relationships (A) Fixed band, B) Inverse distance, C) Inverse distance squared) does not modify the classification of the clusters.*

De esta forma, se ve que hacia la zona central-norte se da un mayor agrupamiento de valores altos, mientras que en la zona marcada por la densidad kernel como máxima concentración de material se dan valores significativos. La razón de ello es que no se encuentran concentrados varios puntos de valores altos, sino que se da un agrupamiento en el que la mayoría de los puntos tienen un valor igual a 1. La aplicación de la corrección FDR considera que toda la distribución es no significativa, sin identificar ninguna agrupación estadísticamente significativa.

El análisis Getis-Ord  $G_i^*$  según la dimensión máxima de los restos se ha realizado según los materiales PR. El resultado obtenido ha permitido observar que los *clusters* identificados en función del tamaño de las piezas son bastante dispares a los obtenidos según el número de restos. Los conjuntos obtenidos muestran pequeños grupos de valores altos (*hotspots*) repartidos prácticamente por todo el área de estudio, quedando una pequeña concentración de valores bajos (*coldspots*) prácticamente en el centro de todo el área (Fig. 4.3.7). Este resultado parece apuntar a que no existen grandes conjuntos o acumulaciones destacables donde se hayan concentrado materiales según su tamaño, sino que las piezas se encuentran bastante repartidas independientemente de su tamaño, a excepción de esos pequeños *clusters* compuestos por unos cuantos valores altos. Tal y como se puede observar en la Fig. 4.3.7, no hay diferencias entre las diferentes relaciones espaciales aplicadas. La aplicación de la corrección FDR no ha resultado determinante, ya que mantiene los mismos *clusters hotspot* y *coldspot*, pero con menor significancia estadística.

Estos pequeños conjuntos identificados por Getis-Ord  $G_i^*$  están compuestos por muy pocos restos (Fig. 4.3.7), los cuales no resultan significativos a nivel de tamaño muestral. Los conjuntos destacados como *hotspots* están compuestos por menos de 20 restos, mientras que el conjunto *coldspot* está compuesto por 36 restos. Los grupos *hotspots* muestran un tamaño medio que oscila entre los 35 y 40 mm, mientras que el grupo *coldspot* muestra un tamaño medio de 19,02 mm. Aunque la diferencia es significativa, el número de restos que componen cada uno de los conjuntos no lo es, por lo que no se va a tener en consideración para este estudio.

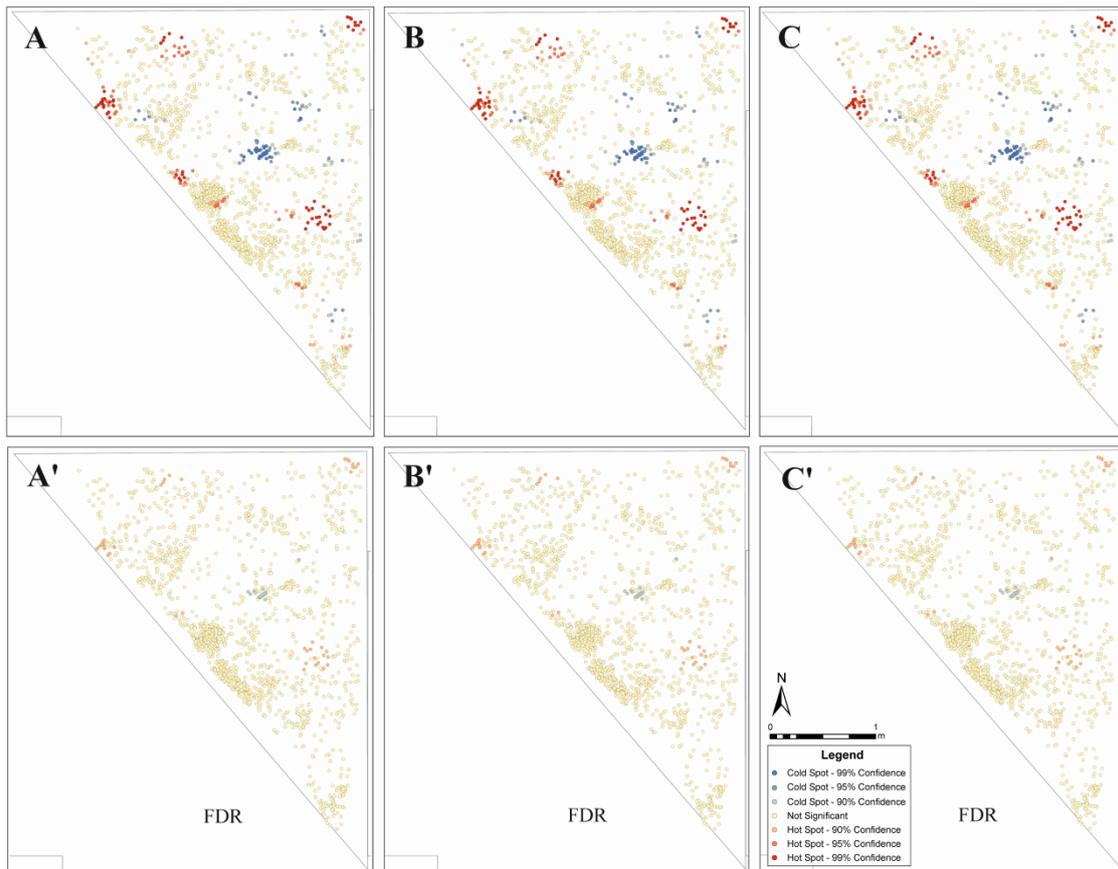


Figura 4.3.7: Proyección Getis-Ord  $G_i^*$  de los puntos PR según la variable de máxima longitud de las piezas. Se han analizado las tres relaciones espaciales de banda fija (A), distancia inversa (B) e inversa cuadrada (C), con (A, B, C) y sin (A', B', C') la aplicación de la corrección FDR. Como se puede observar, la aplicación de las diferentes relaciones espaciales no altera los *clusters* identificados.

*Figure 4.3.7: Getis-Ord  $G_i^*$  projection for the PR points according to the maximum length of the pieces. The three spatial relationships have been analyzed: fixed band (A), inverse distance (B) and inverse distance squared (C), with (A, B, C) and without (A', B', C') the application of the FDR correction. As we can see, the application of the different spatial relationships does not alter the clusters identified.*

En cuanto al análisis por cuadrantes, la aplicación de la corrección FDR sí ha permitido delimitar más la zona de concentración de valores altos estadísticamente significativos. Esta corrección permite reducir el umbral del valor  $p$  de 0,05 a un valor que se ajuste mejor al nivel de confianza del 95% cuando se realizan varias permutaciones. En el caso del conteo según PR, la proyección Getis muestra varias zonas estadísticamente significativas que se ven claramente reducidas tras la aplicación de FDR (Fig. 4.3.8).

La concentración que queda más al sur queda reducida a un par de cuadros, las del oeste también pero manteniendo una significancia estadística del 99% y las del centro-norte apenas quedan representadas por un cuadro.

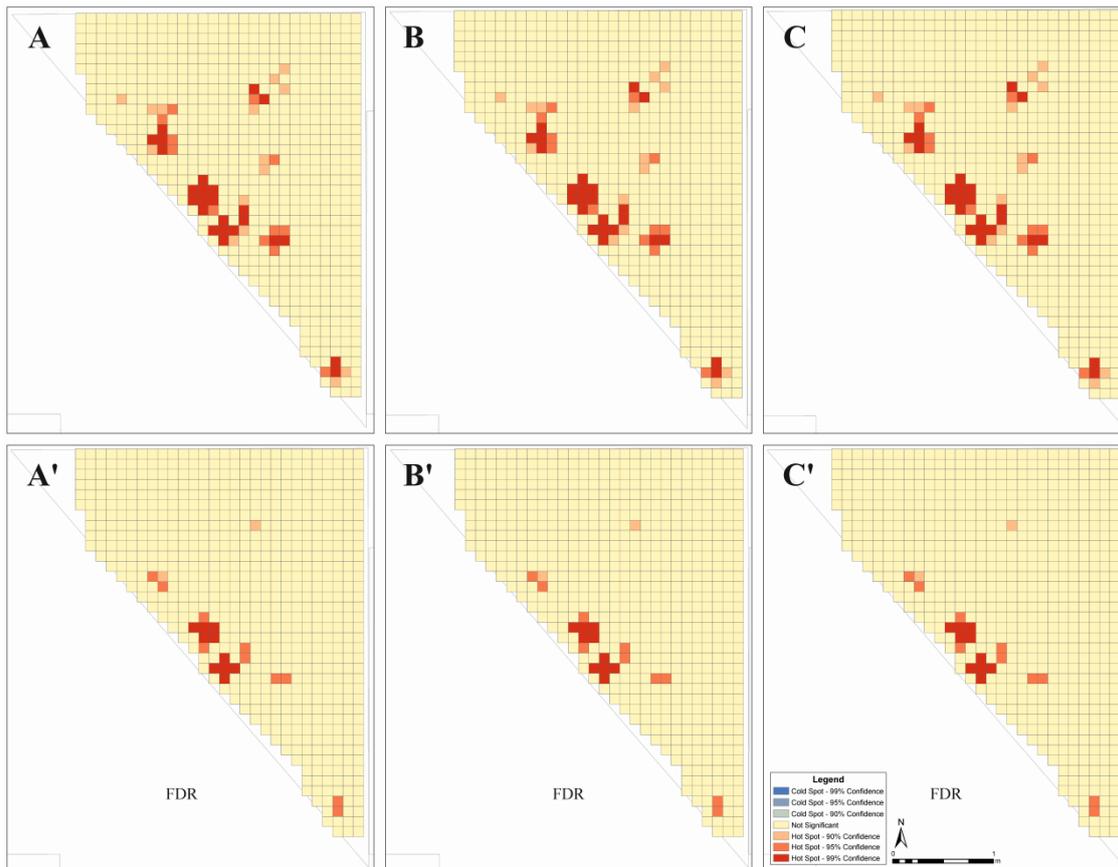


Figura 4.3.8: Planta de Getis-Ord  $G_i^*$  para los cuadrantes que contienen datos PR. Se han analizado las tres relaciones espaciales de banda fija (A), distancia inversa (B) e inversa cuadrada (C), con (A, B, C) y sin (A', B', C') la aplicación de la corrección FDR.

*Figure 4.3.8: Getis-Ord  $G_i^*$  map for the quadrats which contains the PR data. The three spatial relationships have been analyzed: fixed band (A), inverse distance (B) and inverse distance squared (C), with (A, B, C) and without (A', B', C') the application of the FDR correction.*

Sin embargo, cuando se lleva a cabo la proyección según PS el resultado, aunque similar, cambia. Las tres concentraciones identificadas con PR también son destacadas, pero con mucha más extensión y resaltando aquellas zonas con valores bajos (*coldspots*, al norte y algunas aisladas al este y hacia el sur) (Fig. 4.3.9). Además, se han identificado otras dos zonas hacia el centro del área de estudio. La corrección FDR reduce significativamente las zonas de valores altos hasta obtener una planta muy similar a la obtenida con PS sin la aplicación FDR. Los *coldspots* desaparecen.

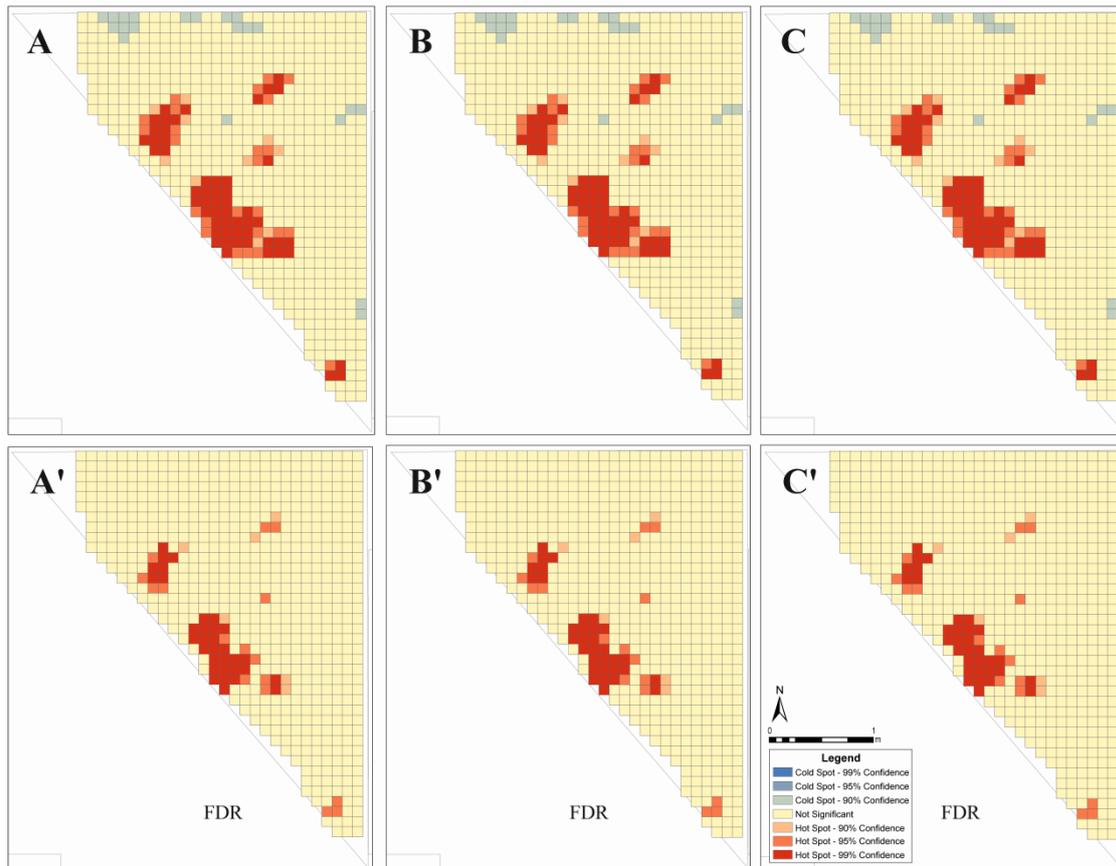


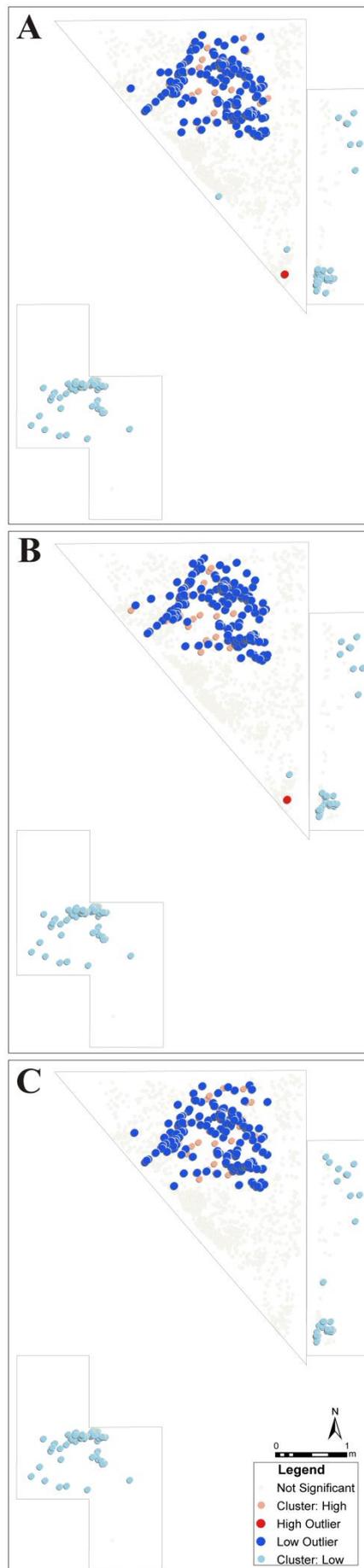
Figura 4.3.9: Planta de Getis-Ord  $G_i^*$  para los cuadrantes que contienen los datos PS. Se han analizado las tres relaciones espaciales de banda fija (A), distancia inversa (B) e inversa cuadrada (C), con (A, B, C) y sin (A', B', C') la aplicación de la corrección FDR.

Figure 4.3.9: Getis-Ord  $G_i^*$  map for the quadrats which contains the PS data. The three spatial relationships have been analyzed: fixed band (A), inverse distance (B) and inverse distance squared (C), with (A, B, C) and without (A', B', C') the application of the FDR correction.

#### 4.3.2.2. Anselin Local Moran's I

El cálculo de agrupaciones mediante la aplicación de Anselin Local Moran's I muestra patrones de significancia estadística en las tres relaciones espaciales aplicadas (banda fija, distancia inversa y distancia inversa cuadrada). Para los cálculos se han aplicado 99 permutaciones. En todos los casos, la agrupación principal de material se da en la misma zona y sin apenas variación.

La proyección de puntos PR muestra que las concentraciones de valores bajos (en azul claro) se dan en zonas más marginales, fuera del área principal de estudio. Las concentraciones de valores altos se encuentran localizadas en la zona central-norte del área de estudio, tal y como también ocurría en la proyección de puntos PR de Getis-Ord  $G_i^*$ . Las relaciones espaciales muestran resultados casi idénticos en los tres casos (Fig. 4.3.10).



Las bandas de distancia fija y distancia inversa destacan la presencia de un punto (en rojo) que indica encontrarse rodeado por valores altos. Esto apuntaría a que, aunque los valores de esa zona no son estadísticamente significativos, se da un valor atípico en el que un valor bajo se encuentra rodeado principalmente por valores altos. En el caso de la concentración principal, se da la circunstancia de que los valores altos se encuentran rodeados principalmente por valores bajos (en azul más oscuro). Esto último encajaría con la presencia de puntos que indican el *cluster* de valores altos (en color rosa), por lo que en esta zona del yacimiento, al igual que se ha visto en las proyecciones Getis-Ord  $G_i^*$ , se da una agrupación de valores altos. En este caso, al igual que en el caso de Getis-Ord  $G_i^*$ , la distribución obtenida tras la aplicación de la corrección FDR no permite identificar grupos estadísticamente significativos.

Figura 4.3.10: Proyección de los materiales de Aranbaltza II y clasificación Anselin Local Moran's I de los datos PR. La aplicación de las diferentes relaciones espaciales (A) Distancia fija, B) Distancia inversa, C) Distancia inversa cuadrada) muestra ligeras variaciones entre la clasificación de *clusters*, aunque la acumulación principal se mantiene prácticamente idéntica en todos los casos.

*Figure 4.3.10: Projection of the materials of Aranbaltza II and the classification of the PR data by Anselin Local Moran's I. The application of the different spatial relationships (A) Fixed band, B) Inverse distance, C) Inverse distance squared) shows slight variations in the classification of the clusters, although the main accumulation is the same in all the cases.*

Los resultados derivados tras la aplicación de Anselin Local Moran's I según la variable de tamaño muestran un patrón idéntico al obtenido en Getis-Ord  $G_i^*$ . Se dan las mismas concentraciones en los mismos puntos de área de estudio (Fig. 4.3.11), encontrándose los

*clusters* de valores altos en las mismas zonas donde se daban los *hotspots* y los *clusters* de valores bajos donde se daban los conjuntos *coldspots*. En el caso de Anselin Local Moran's I, la aplicación de la corrección FDR muestra toda la dispersión de puntos como no significativa. En la Fig. 4.3.11 no se muestra la clasificación según FDR puesto que no aporta ningún tipo de información. Debido a lo ya mencionado en el análisis de los conjuntos Getis-Ord  $G_i^*$ , no se va a profundizar más en estos datos.

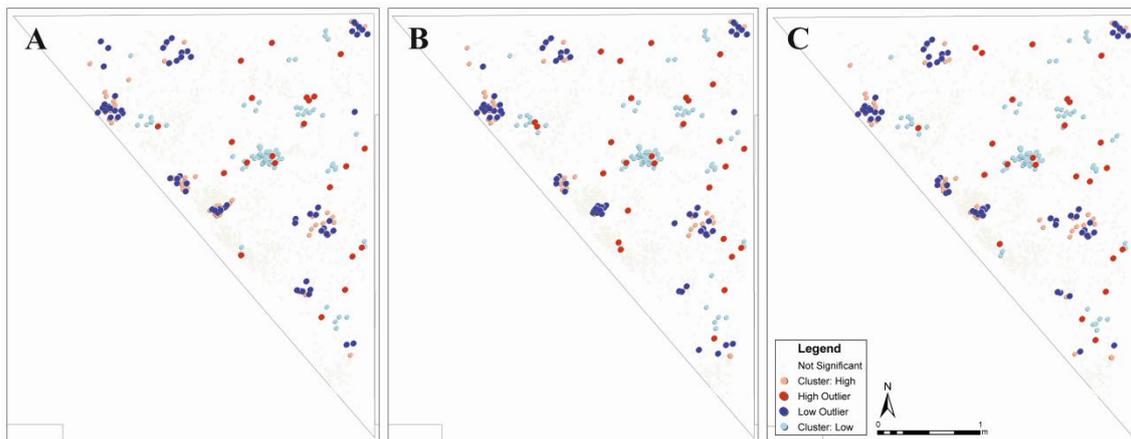


Figura 4.3.11: Proyección Anselin Local Moran's I de los puntos PR según la variable de máxima longitud de la pieza. Se han analizado las tres relaciones espaciales de banda fija (A), distancia inversa (B) e inversa cuadrada (C). Como se puede observar, la aplicación de las diferentes relaciones espaciales no altera los *clusters* identificados.

*Figure 4.3.11: Anselin Local Moran's I projection of the PR points according to the variable of the maximum length of the piece. The three spatial relationships have been analyzed: fixed band (A), inverse distance (B) and inverse distance squared (C). As we can see, the application of the different spatial relationships does not alter the clusters identified.*

La proyección de puntos PR por cuadro muestra unos resultados muy similares a los obtenidos mediante los análisis realizados anteriormente. La concentración principal es coincidente con la ya resaltada por todos Getis-Ord  $G_i^*$ , situándose hacia el oeste del área de estudio. De manera casi idéntica, esta zona de concentración de valores altos aparece reflejada en las tres relaciones espaciales proyectadas (Fig. 4.3.12). En la zona central-norte, destaca la presencia de valores atípicos en el que un valor bajo se encuentra rodeado principalmente por valores altos (en rojo). Esto encajaría con la presencia de valores indicativos de la presencia de bolsas de material, esto es: valores mayores que 1. Otro de los aspectos destacables y que se encuentra prácticamente repartido por todo el área de estudio, es la presencia de valores altos rodeados por valores bajos (en azul oscuro). En la zona donde predominan los cuadros de color rosado son menos frecuentes, pero sí son bastante numerosos en toda la zona central-norte. Este dato encajaría con la presencia de puntos con un valor mayor a 1, los cuales son destacables fuera de la zona de máxima concentración, ya que esta zona ya se encuentra definida por la presencia de valores alto muy concentrados.

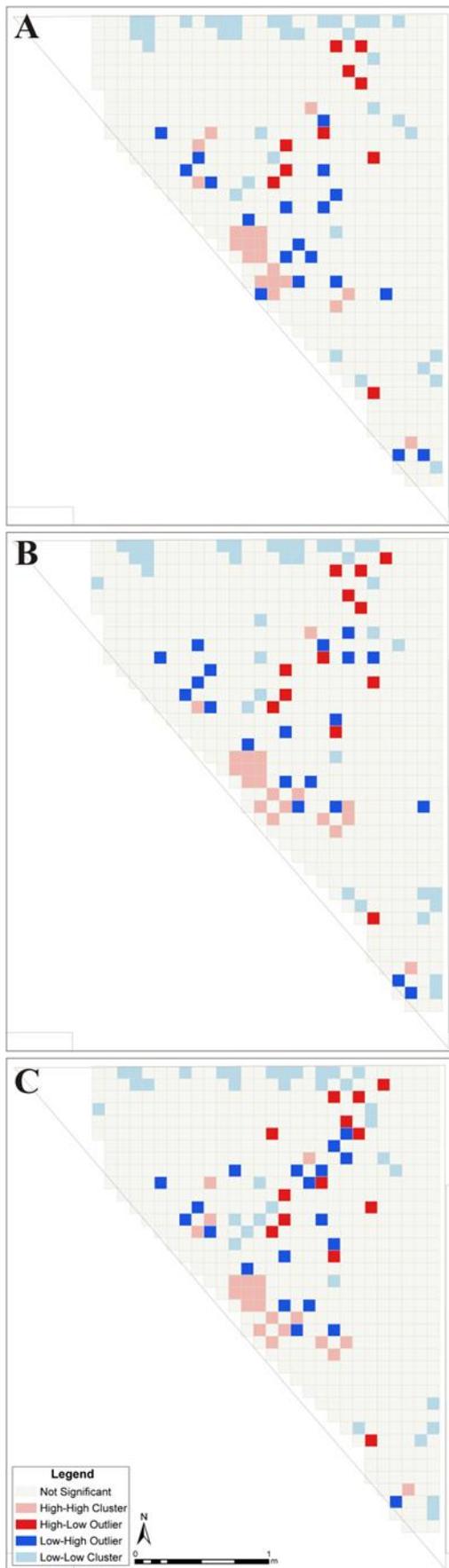


Figura 4.3.12: Análisis Anselin Local Moran's I de los cuadrantes de PR según las relaciones espaciales fija (A), inversa (B) e inversa cuadrada (C).

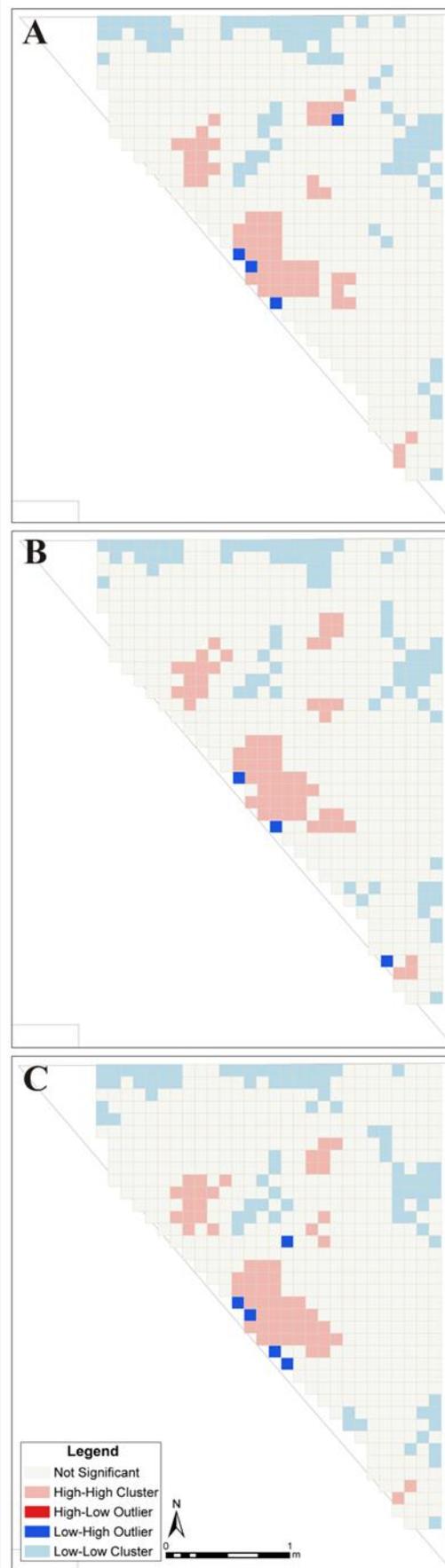


Figura 4.3.13: Análisis Anselin Local Moran's I de los cuadrantes de PS según las relaciones espaciales fija (A), inversa (B) e inversa cuadrada (C).

Figure 4.3.12: Anselin Local Moran's I applied to the quadrats that contains the PR points according to the fixed band (A), inverse distance (B) and inverse distance squared (C).

Figure 4.3.13: Anselin Local Moran's I applied to the quadrats that contains the PS points according to the fixed band (A), inverse distance (B) and inverse distance squared (C).

Las concentraciones de valores bajos (en azul claro) se dan en zonas más marginales, aunque coinciden en todas las relaciones espaciales. En todos los casos, la aplicación de la corrección FDR elimina la significancia estadística de los *clusters*, al igual que ocurría en la aplicación de Anselin Local Moran's I a los datos de los puntos PR.

Por otra parte, el análisis según la distribución PS por cuadro muestra que las mayores concentraciones de valores altos se dan en la zona oeste y centro-norte, encontrándose representadas por los cuadros en color rosado y azul oscuro (Fig. 4.3.13). En este caso, las relaciones espaciales sí muestran diferencias entre sí, aunque con muy pequeñas variaciones. Las zonas clasificadas como concentración de valores altos son las mismas en todos los casos y coinciden con las destacadas por el análisis Getis-Ord  $G_i^*$ , al igual que ocurre con la clasificación de los valores bajos. En este caso, la presencia de valores bajos se da hacia el norte y este del área de estudio, coincidiendo parcialmente con los *coldspots* del análisis Getis-Ord  $G_i^*$  (Fig. 4.3.9, Fig. 4.3.13). En este caso, la corrección FDR ha considerado todos los valores como no significativos.

Al comparar las proyecciones en planta de PR y PS, se puede ver que los cuadros de PR se encuentran mucho más dispersos y repartidos que en el caso de PS, donde las concentraciones son mucho más claras. En el caso de PS, los valores altos quedan perfectamente delimitados; mientras que en el caso de PR, las concentraciones quedan reflejadas por pequeños grupos de cuadros que indican valores altos y cuadros dispersos que apuntan a la concentración de valores altos o bajos, según el caso.

#### 4.3.2.3. Análisis Getis-Ord $G_i^*$ y Anselin Local Moran's I de los valores de densidad kernel

Para la definición de los conjuntos de mayor acumulación de materiales según criterios estadísticos, se han combinado los mapas de distribución de densidad kernel con los análisis de estadística inferencial y clasificación Getis-Ord  $G_i^*$  y Anselin Local Moran's I.

En esta clasificación, se ha convertido el ráster de densidad PS en un *shapefile* de puntos, los cuales mantenían su valor de densidad correspondiente. A este valor es al que se le han aplicado los análisis, no sin antes comprobar el grado de agrupación de los puntos según ANN y Global Moran's I. En un primer análisis y, según la distribución espacial de los puntos, ANN indica que el patrón es disperso ( $z = 564,81$ ). Sin embargo, al aplicar Global Moran's I según el campo de densidad, el resultado obtenido es un patrón agrupado ( $z = 389,6$ ). La aplicación de la

autocorrelación espacial incremental no ha arrojado datos, probablemente por la cantidad de puntos a analizar, por lo que no se ha podido obtener a qué distancia se da un mayor agrupamiento de los puntos.

Los resultados obtenidos coinciden tanto para Getis-Ord  $G_i^*$  como para Anselin Local Moran's I en todas las relaciones espaciales, por lo que se ha decidido poner solo la banda fija (Fig. 4.3.14). La distribución obtenida marca cuatro grupos como los estadísticamente significativos, algo que contrasta con la zona delimitada en la densidad kernel. De esta forma, los grupos clasificados por ambos análisis, indican que las zonas de mayor concentración de restos según criterios estadísticos coinciden con aquellas delimitadas usando la densidad kernel para PR. Las zonas delimitadas por densidad kernel de los puntos PR se ajustan más a los resultados obtenidos tras la aplicación de Getis-Ord  $G_i^*$  y Anselin Local Moran's I a la densidad de puntos PS que a la delimitación kernel para PS.

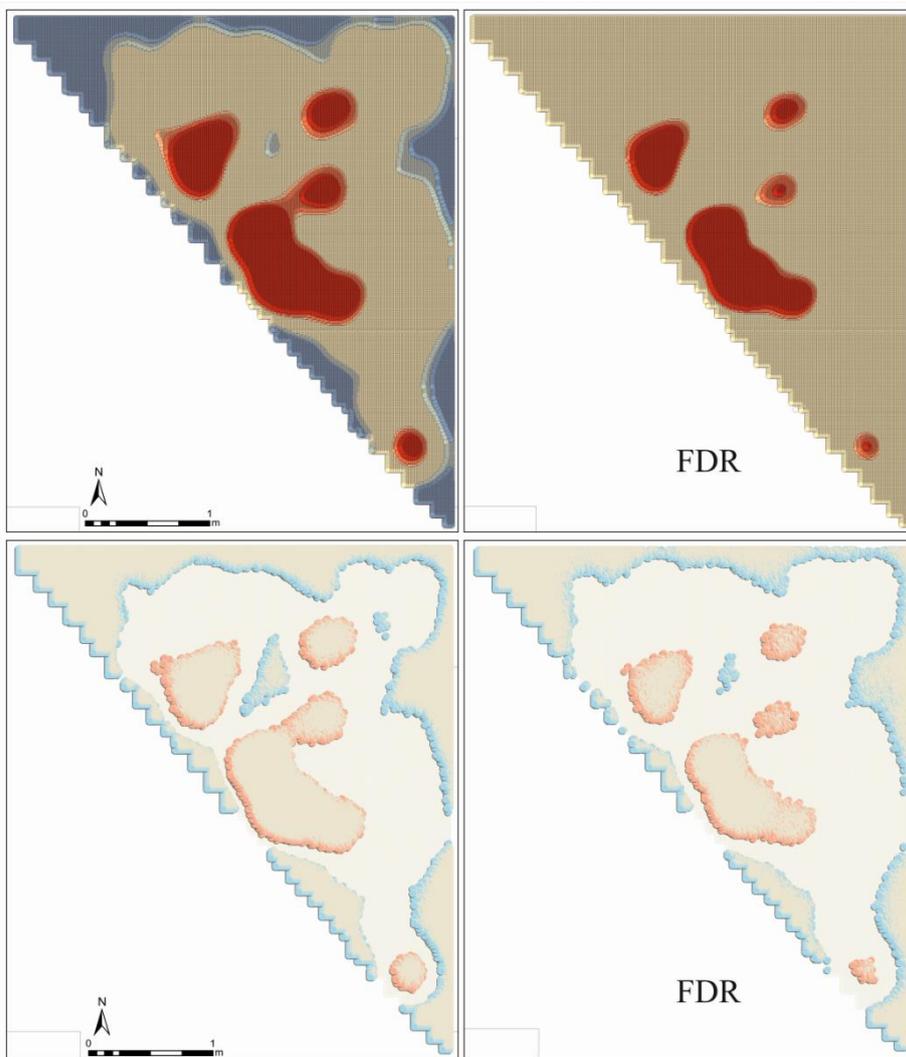


Figura 4.3.14: Aplicación de Getis-Ord  $G_i^*$  y Anselin Local Moran's I a los valores de densidad obtenidos tras el análisis kernel de los datos PS.

*Figure 4.3.14: Application of Getis-Ord  $G_i^*$  and Anselin Local Moran's I to the kernel density values obtained from the PS data.*

#### 4.3.2.4. Clasificación por K-means

Una vez realizados todos los análisis, se ha aplicado k-means en base a la clasificación jerárquica de Ward, el cual ha proporcionado cuatro grupos como los principales (Fig. 4.3.15). A partir de esta clasificación de *clusters*, se ha procedido a la clasificación k-means de los datos PS. El resultado obtenido muestra los mismos grupos que previamente han sido identificados por todos los análisis realizados, siendo destacable cómo la concentración AC3 es *dividida* e incluida en un mismo *cluster* junto con AC2 (Fig. 4.3.16). Esto es bastante similar al mapa de densidad obtenido en kernel y la clasificación de Jenks para los datos PS, los cuales incluyen en un mismo valor ambos conjuntos de materiales. Esto contrasta con los resultados obtenidos por Getis-Ord  $G_i^*$  y Anselin Local Moran's I, los cuales consideran que se trata de conjuntos estadísticamente independientes.

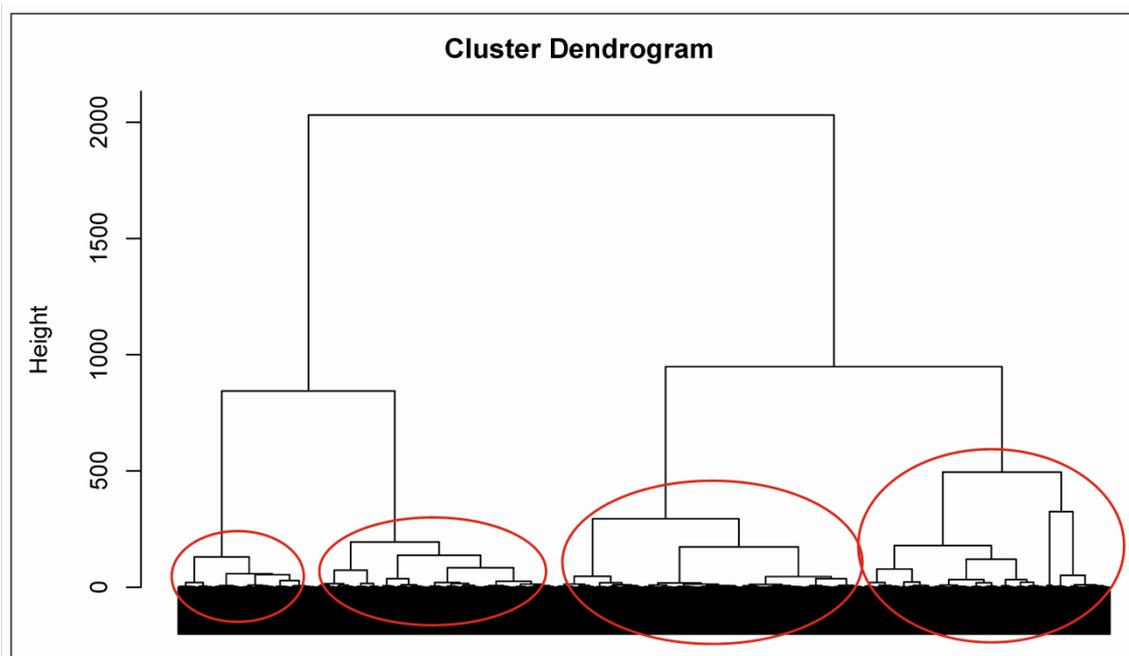


Figura 4.3.15: Clasificación jerárquica de Ward donde se pueden apreciar los cuatro conjuntos principales de datos PS.

Figure 4.3.15: Ward hierarchical classification where it is possible to appreciate the four main groups for the PS data.

Además, es importante resaltar que las elipses obtenidas para los conjuntos kmeans son bastante diferentes a las obtenidas según la distribución direccional de los conjuntos identificados. Esto es debido a que los *clusters* diferenciados por kmeans son diferentes a los clasificados según todos los análisis estadísticos llevados a cabo para realizar esta clasificación.

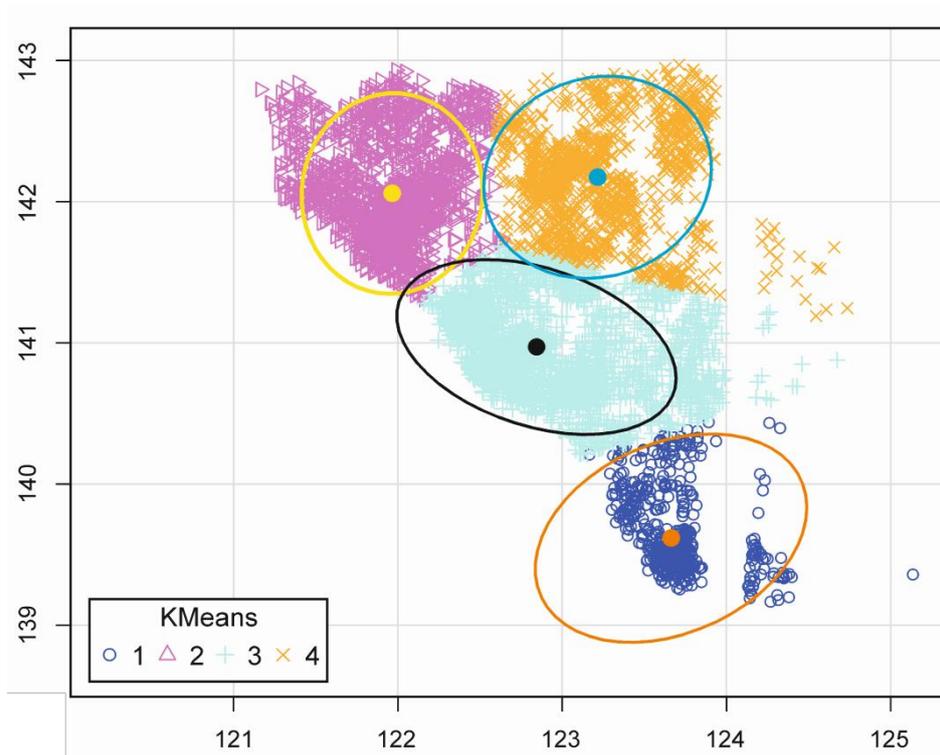


Figura 4.3.16: Mapa de clasificación k-means según los datos PS.

*Figure 4.3.16: Map of the k-means classification according to the PS data.*

De esta forma, tras la aplicación de todos los análisis anteriormente descritos, se han considerado cuatro grupos como los estadísticamente significativos en cuanto a la acumulación de restos (AC1, AC2, AC3 y AC4). Teniendo en cuenta estos conjuntos principales, se ha procedido a un análisis más profundo y detallado de estas acumulaciones principales.

### 4.3.3. Análisis de los conjuntos identificados

Todos los análisis llevados a cabo determinan la existencia de cuatro zonas estadísticamente significativas en cuanto a la acumulación de restos: AC1 ( $n = 607$ ), AC2 ( $n = 235$ ), AC3 ( $n = 1780$ ) y AC4 ( $n = 144$ ) (Fig. 4.3.17). Estos conjuntos se han definido en base a todos los análisis llevados a cabo (densidad kernel, Jenks, Getis-Ord  $G_i^*$ , Anselin Local Moran's I, etc). La delimitación de los conjuntos se ha realizado siguiendo el patrón de distribución obtenido tras la aplicación de Getis-Ord  $G_i^*$  y Anselin Local Moran's I a los valores de densidad kernel. En el resto de análisis, como en el análisis Getis-Ord  $G_i^*$  según el número de elementos por cuadro (Fig. 4.3.9), se observa la presencia de 3 acumulaciones más grandes y otras dos más reducidas. Se ha decidido juntar las dos que se encuentran más próximas (las que compondrían el conjunto AC3) con el objetivo de abarcar todos los conjuntos estadísticamente significativos evitando, en cierto modo, dejar conjuntos muy reducidos y que no aportarían información relevante debido a su reducido tamaño muestral cuando se profundizara en la caracterización de los conjuntos de manera individual.

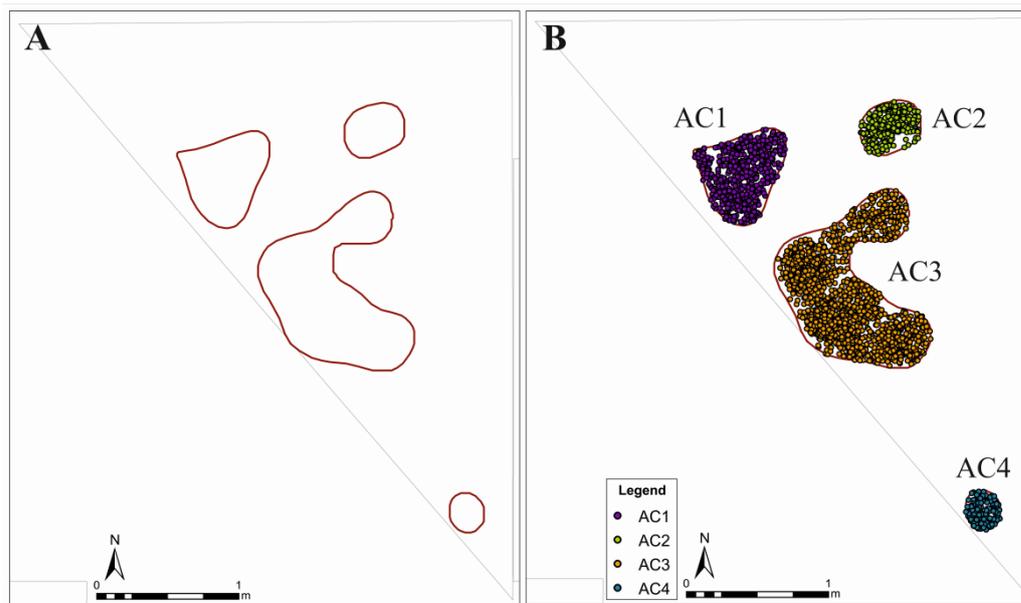


Figura 4.3.17: Delimitación de los conjuntos (A) y proyección de los elementos PS correspondientes a cada uno de los conjuntos delimitados (B).

*Figure 4.3.17: Delimitation of the groups (A) and projection of the PS elements corresponding to each of the delimited groups (B).*

Los cuatro conjuntos caracterizados se encuentran compuestos principalmente por restos elaborados en sílex, ya que es la materia prima dominante en todo el conjunto de Aranbaltza II. El análisis de los conjuntos incluye la descripción de los patrones de forma de los materiales, la cual se ha podido llevar a cabo en los materiales coordinados (PR) y no en los que componen las bolsas de material debido al reducido tamaño y a la enorme cantidad de material existente. De esta forma, las características de los conjuntos diferenciados son:

- AC1: La longitud media de los materiales de este conjunto es de 26,46 mm, siendo el resto más pequeño de unos 5,5 mm y el mayor de 64,2 mm, con una desviación estándar de 11,94 mm. La materia prima dominante es el sílex (Flysch), aunque también hay restos en arenisca y cuarcita, además de haberse recuperado varios ocre (n=4). El tipo de soporte que domina este conjunto es la lasca decorticado (n=25), seguido de las lascas (n=22) y las laminillas (n=20). También se han encontrado láminas de decorticado (n=13), láminas (n=1), astillas, bloques, esquirlas, golpes de buril, núcleos (n=3), láminas reflejadas, desbordantes y sobrepasadas, lascas y tabletas de reavivado, pero una proporción muy inferior a los tres soportes más abundantes.
- AC2: La longitud media de las piezas de este conjunto es de poco más de 25 mm (25,06 mm), siendo el resto más pequeño de 7,7 mm y el de mayor tamaño de 62,4 mm, con una desviación estándar de 13,40 mm. También domina el sílex (Flysch), aunque hay una pieza en arenisca y dos ocre. Este conjunto no está compuesto por muchas piezas, por lo que las proporciones

son muy inferiores al conjunto anterior. El tipo de soporte más abundante son las lascas (n=7), seguido de los bloques (n=6) y las lascas de decortinado (n=4). También se han encontrado láminas, láminas de decortinado y reflejadas, así como laminillas, lascas de reavivado y reflejadas.

- AC3: La longitud media de este grupo es de 27,11 mm, siendo la pieza más pequeña de 6,3 mm y la mayor de 100,7 mm, con una desviación estándar de 13,23 mm. Al igual que en los dos conjuntos anteriores, domina el sílex (Flysch), aunque aquí se da una mayor cantidad de restos en arenisca (n=13), además de haber piezas en cuarcita, cuarzo y lutita. Se han documentado cinco restos de ocre. En cuanto al tipo de soporte, destaca claramente las lascas de decortinado (n=107), seguido por las lascas (n=75) y las laminillas (n=71). Hay bastante presencia de láminas de decortinado (n=56), láminas (n=44) y bloques (n=39), además de astillas, esquirlas, golpes de buril, núcleos de lascas y laminares, lascas de reavivado, reflejadas, sobrepasadas y térmicas. A esta descripción hay que añadir la presencia otros soportes como crestas bifaciales y unificiales, así como lascas kombewa.
- AC4: Este conjunto, junto con AC2, es el menos abundante. La longitud media no llega a los 26 mm (25,95 mm), siendo el tamaño mínimo de 2,5 mm y el máximo de 72,1 mm, con una desviación estándar de 13,189 mm. Está completamente compuesto por sílex (Flysch) y el tipo de soporte dominante son las lascas de decortinado (n=8). Aunque no se encuentran representadas por grandes cantidades de restos, también hay presencia de esquirlas, bloques, golpes de buril, láminas, laminillas, etc.
- Rest: Este grupo corresponde al resto de materiales no clasificados dentro de los conjuntos estadísticamente significativos. Es el conjunto más numeroso, con un total de 2823 piezas. La longitud media es de 28,48 mm, con un mínimo de 6 mm y un máximo de 224 mm, con una desviación estándar de 18,31 mm. Es en este conjunto donde se registra la pieza de mayor longitud de todo el conjunto de Aranbaltza II. El tipo de soporte claramente dominante son las lascas de decortinado (n=298), seguido de las lascas (n=217) y las laminillas (n=196), aunque también hay bastante presencia de láminas de decortinado (n=154) y láminas (n=111). También se han registrado abundantes bloques (n=79), crestas unificiales (n=35), láminas reflejadas (n=29), golpes de buril (n=26), núcleos de lascas y laminares (n=26), lascas reflejadas (n=25) tabletas de reavivado (n=21), astillas (n=21), así como esquirlas, láminas desbordantes y sobrepasadas, lascas de reavivado y sobrepasadas, lascas térmicas y microlascas.

Es importante destacar que en todos los conjuntos se han documentado restos informes (debris) y lascas de limpieza de cara de lascado, así como algunas lascas kombewa y crestas bifaciales y unifaciales.

El patrón de forma que encontramos en cada uno de los conjuntos es bastante similar en términos generales, ya que en los conjuntos de menor cantidad de restos el patrón varía respecto a aquellos conjuntos más numerosos. Los diagramas elaborados para este análisis han sido elaborados según los datos de longitud, anchura y grosor de cada una de las piezas. El patrón de forma más común del nivel US4b de Aranbaltza II corresponde a formas muy planas o planas y cuadradas o rectangulares, no siendo las elongadas las más habituales (Fig. 4.3.18). Teniendo en cuenta estos conjuntos y sus características, se ha procedido al análisis de las fábricas en función de las acumulaciones principales de material.

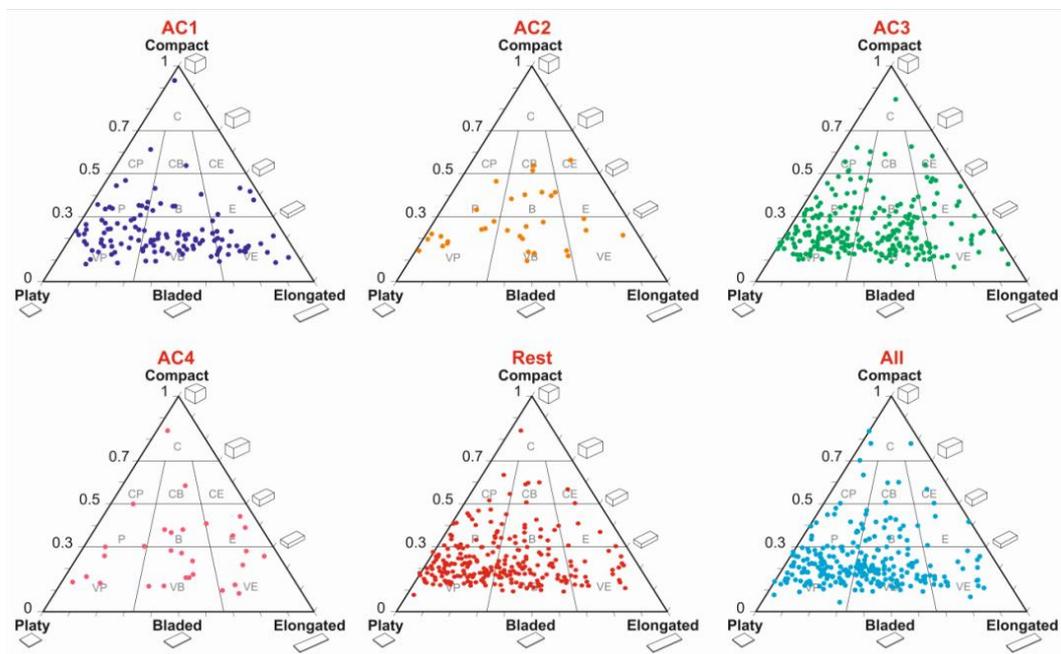


Figura 4.3.18: Diagramas donde se muestran los patrones de forma de los materiales líticos de Aranbaltza II según los conjuntos principales.

*Figure 4.3.18: Graphs with the shape patterns for the lithic materials according to the main groups identified.*

#### 4.3.4. Análisis de fábricas

La aplicación de las diferentes herramientas de clasificación de *clusters*, así como el análisis de densidad kernel y la clasificación por agrupaciones naturales a través de Jenks, ha permitido la identificación de cuatro agrupaciones principales de material lítico que parecen ser el resultado de diferentes procesos que han intervenido en la formación del yacimiento de Aranbaltza. Como parte de esa identificación de procesos a través de estudios de arqueología espacial, se ha

llevado a cabo un análisis más profundo de las acumulaciones identificadas que ha permitido cuantificar el impacto de dichos procesos sobre los materiales arqueológicos. De esta forma, se han llevado a cabo diferentes cálculos que han permitido conocer la orientación y la pendiente de las piezas, así como la cuantificación del grado de alteración de los restos registrados.

Los datos usados para el cálculo de la orientación y la pendiente han sido procesados siguiendo el método presentado por McPherron (2005), detallado en el apartado de Metodología. Es importante destacar que no todos los restos coordinados contienen información relativa a los ejes de las piezas que permitan el cálculo de la orientación y la pendiente. De esta forma, se dispone de un total de 99 piezas con este tipo de información. En el caso de los conjuntos, para AC1 se tienen 12 piezas con información relativa al eje, 1 pieza para AC2, 35 piezas para AC3 y 2 piezas para AC4. Debido a que tanto AC2 como AC4 apenas contienen información relativa a las fábricas de los materiales, y estadísticamente no son representativas de los procesos que se tratan de describir en este trabajo, se han apartado del análisis. Debido a esto, para los análisis de fábricas se contará con los datos de AC1 y AC3, así como del resto de materiales fuera de estos conjuntos (Rest,  $n = 49$ ) y todos los materiales en general (All,  $n = 99$ ).

A partir del cálculo de los ejes y las proyecciones para conocer la orientación de las piezas, se han aplicado los test de uniformidad de Rayleigh y Kuiper con el fin de contrastar los resultados según los patrones unimodales y multimodales. Estos test han sido aplicados considerando tanto los ángulos acimutales ( $0-360^\circ$ ) como los axiales ( $0-180^\circ$ ), de forma que ambos resultados puedan ser comparados y contrastados. El hecho de que los puntos que delimitan el eje mayor de la pieza contengan información de la coordenada Z, ha permitido llevar a cabo una correlación entre la posición espacial de los restos según su orientación y la pendiente de dicho eje. Por otra parte, también se han calculado los ejes según el ángulo axial ( $0-180^\circ$ ), donde el cálculo de la orientación se hace independientemente del valor de cota. Los resultados obtenidos tras la proyección de los ángulos acimutales y axiales (Fig. 4.3.19), así como de la aplicación de los diferentes test (Tabla 4.3.1), han permitido profundizar en las características de los diferentes grupos de material clasificados en Aranbaltza. En términos generales, se han obtenido resultados muy similares para las proyecciones axiales, mientras que en las acimutales hay ciertas particularidades (Tabla 4.3.1, Fig. 4.3.19). A continuación, se van a exponer los resultados según las diferentes concentraciones de material, contrastando los datos acimutales y axiales.

Level	Sample size <i>n</i>	Method	Mean Vector (°)	Length of Mean Vector	Concentration	Circular Standard Deviation (°)	Rayleigh test		Kuiper's test	
			$\mu$	<i>r</i>	<i>k</i>	<i>v</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>	<i>V</i>	<i>p</i>
AC1	12	<i>Azimuth</i>	354,975°	0,261	0,233	93,895°	0,818	0,45	1,239	> 0,15
AC3	35	<i>Azimuth</i>	270,964°	0,234	0,482	97,61°	1,921	0,147	1,584	0,15 > <i>p</i> > 0,10
Rest	49	<i>Azimuth</i>	282,264°	0,242	0,5	96,463°	2,879	0,055	1,622	0,10 > <i>p</i> > 0,05
All	99	<i>Azimuth</i>	285,982°	0,219	0,449	99,833°	4,755	0,009	2,096	< 0,01
AC1	12	<i>Axial</i>	62,893°	0,198	0	51,561°	0,47	0,634	1,093	> 0,15
AC3	35	<i>Axial</i>	48,03°	0,076	0,153	64,969°	0,204	0,817	0,868	> 0,15
Rest	49	<i>Axial</i>	139,128°	0,015	0,03	83,171°	0,011	0,989	0,874	> 0,15
All	99	<i>Axial</i>	69,618°	0,049	0,099	70,313°	0,24	0,787	1,081	> 0,15

Tabla 4.3.1: Resultados los patrones de orientación acimutal y axial de las diferentes agrupaciones de material identificadas en Aranbaltza II.

*Table 4.3.1: Results for the azimuth and axial orientation patterns of the different groups of materials identified in Aranbaltza II.*

Los resultados de los datos acimutales de la concentración AC1 ( $n = 12$ ) muestran altos valores para los *p-values* de Rayleigh y Kuiper, siendo  $p = 0,45$  y  $p > 0,15$  respectivamente. Estos datos indican una distribución aleatoria, algo que queda apoyado por los resultados axiales, ya que ambos test muestran valores altos tanto para Rayleigh ( $p = 0,634$ ) como para Kuiper ( $p > 0,15$ ), apuntando a claras evidencias de aleatoriedad (Tabla 4.3.1). En cuanto a la concentración con mayor número de ejes (AC3), se han obtenido resultados ligeramente diferentes entre los datos acimutales y axiales. Mientras los axiales muestran una clara aleatoriedad de los materiales (Rayleigh,  $p = 0,817$ ; Kuiper,  $p > 0,15$ ), los acimutales no son tan categóricos. Los *p-values* de Rayleigh no son tan altos como los obtenidos para AC1 ( $p = 0,147$ ), como tampoco lo son los valores obtenidos para Kuiper ( $0,15 > p > 0,10$ ). De esta forma, los datos para AC3 podrían considerarse sin orientación preferente (Tabla 4.3.1). Sin embargo, cuando estos datos se contrastan con la roseta obtenida, se puede ver cierta tendencia de los datos hacia una orientación NE-SW (Fig. 4.3.19). Los resultados axiales obtenidos para el conjunto Rest ( $n = 49$ ), muestran unos valores bastante altos para los *p-values* de Rayleigh ( $p = 0,989$ ) y Kuiper ( $p = > 0,15$ ), por lo que el conjunto muestra claras evidencias de uniformidad. Por otra parte, los datos acimutales muestran unos *p-values* algo bajos, tanto para Rayleigh ( $p = 0,055$ ) como para Kuiper ( $0,10 > p > 0,05$ ), por lo que, aun rozando el límite estadístico del 95% (94,5%), podría considerarse un conjunto con ligeras evidencias de orientaciones preferentes (Tabla 4.3.1).

Por último, los resultados obtenidos para todo el conjunto de datos ( $n = 99$ ) muestran patrones bastante dispares en función de si se trata de cálculos axiales o acimutales. Los datos axiales muestran una clara uniformidad, con unos valores para Rayleigh bastante altos ( $p = 0,787$ ) al igual que para Kuiper ( $p > 0,15$ ). Sin embargo, cuando estos resultados se contrastan con los acimutales, el patrón cambia. Este conjunto muestra los *p-values* más bajos para Rayleigh ( $p = 0,009$ ) y un valor de Kuiper que claramente apunta hacia un patrón orientado ( $p < 0,01$ ) (Tabla 4.3.1). En este caso, donde se proyectan todos los ejes, no solo la pendiente es determinante para la interpretación de los datos (tal y como se verá más adelante en el apartado de fábricas), sino que los datos se encuentran

condicionados por las particularidades de cada conjunto. Al incluir absolutamente todo, los índices se ven afectados por los índices extremos obtenidos según las características propias de cada conjunto (como en el caso de AC3 o AC1, donde la cantidad de restos es muy inferior al resto de conjuntos analizados).

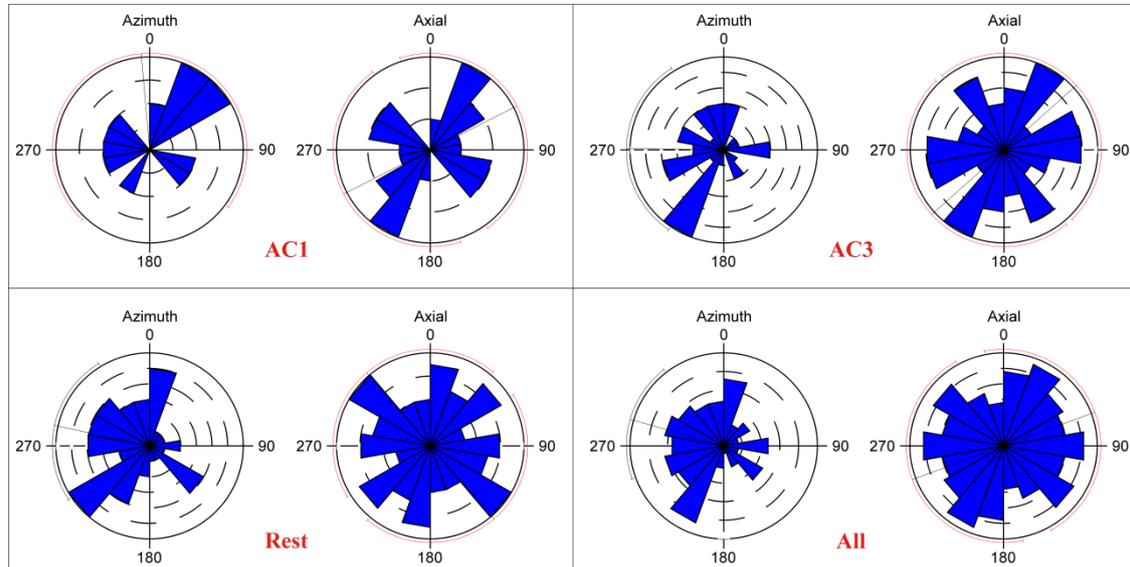


Figura 4.3.19: Diagramas circulares (rosetas) obtenidos tras el cálculo de la orientación acimutal y axial para cada uno de los grupos definidos para Aranbaltza II: AC1, AC3, Rest y All.

*Figure 4.3.19: Circular graphs obtained after the calculation of the azimuth and axial orientation patterns for each identified groups in Aranbaltza II: AC1, AC3, Rest and All.*

En cuanto a la pendiente de los restos (Fig. 4.3.20), se puede apreciar cómo el cómputo general del yacimiento muestra una mayoría de piezas planas, excepto en algunos puntos. Al analizar los datos en detalle, se puede observar que en AC3 se dan bastantes piezas verticales, un patrón que no se da en el resto de conjuntos analizados. Este resultado concordaría con el tipo de acumulación, donde se da una tendencia aleatoria en la orientación de los restos y en la que se han observado piezas que se solapan y montan unas con otras. En el apartado de Discusión se ahondará en esta cuestión. En el resto de conjuntos, se observa una mayoría de piezas planas, cuya orientación podría venir dada por el tipo de pendiente en el que se encuentran depositadas. De esta forma, el patrón orientado de las piezas está ligado a la pendiente del depósito. En el caso de AC1, las pendientes son muy pocas ( $n = 12$ ), por lo que los datos mostrados apenas son representativos.

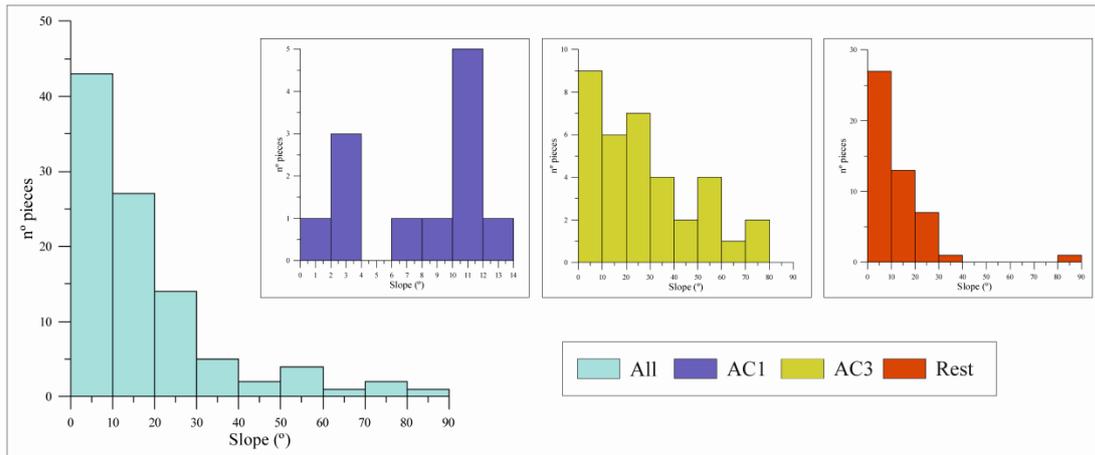


Figura 4.3.20: Gráfico donde se muestran las pendientes de los materiales que componen los grupos identificados en Aranbaltza II.

Figure 4.3.20: Graph with the slopes for the materials contained in each group identified in Aranbaltza II.

Por otra parte, y debido a que se disponía de datos espaciales con los ejes X, Y, Z, se han podido llevar a cabo los cálculos de la fábrica tridimensional de los materiales (Fig. 4.3.21), los cuales han permitido conocer la variación continua de la forma de las fábricas (Graham and Midgley, 2000) según los datos previamente obtenidos de orientación y de pendiente. Los análisis de fábricas a través del uso de eigenvectores y su proyección en el diagrama de Benn han permitido ahondar en las características de los materiales contenidos en cada una de las concentraciones identificadas.

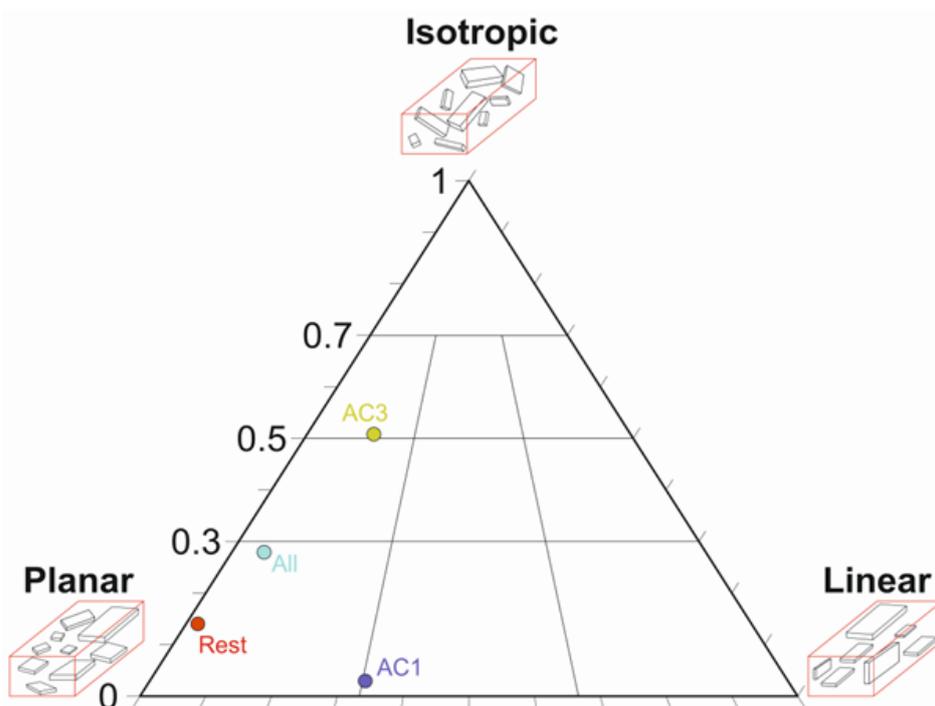


Figura 4.3.21: Triángulo de fábricas para los grupos identificados en Aranbaltza II.

Figure 4.3.21: Fabric triangle of the groups identified in Aranbaltza II.

La concentración AC3 se encuentra localizada en la parte superior del triángulo, sugiriendo una fábrica bastante isótropa (Fig. 4.3.21). Este dato concordaría con la tendencia a la uniformidad obtenida tras el cálculo de las orientaciones y la variabilidad en las pendientes. Ambos componentes determinan que el conjunto muestre unos valores más altos para el parámetro indicador de la isotropía del conjunto ( $I = 0,509$ ) (Tabla 4.3.2). Por otra parte, es importante destacar la baja elongación de la fábrica ( $E = 0,102$ ), lo que indicaría que no parece haber un patrón de forma en la acumulación de los restos. El resultado obtenido por el índice  $K$  (Woodcock, 1977), el cual distingue las fábricas planares ( $0 < K < 1$ ) de las lineales ( $1 < K < \infty$ ), muestra el más alto de los valores para todos los conjuntos analizados ( $K = 0,189$ ) (Tabla 4.3.2). Aunque se mantiene dentro de los límites establecidos para las fábricas planares, la tendencia de este conjunto es a la isotropía, situándose en una posición casi central en el diagrama de Benn (Fig. 4.3.21).

El conjunto AC1 se encuentra prácticamente en línea vertical respecto a AC3 en el diagrama de Benn (Fig. 4.3.19). En este caso, los materiales se localizan casi en el eje Planar-Linear, con una mayor tendencia hacia el vértice de las fábricas planares. Esta tendencia determina una baja isotropía, la cual está determinada por la baja pendiente de los restos, tal y como se puede ver en el gráfico de pendientes (Fig. 4.3.20). Los datos acimutales muestran que los restos de esta concentración se encuentran aleatoriamente distribuidos, así como los valores obtenidos para el índice  $K$ , los cuales quedan bastante próximos a 0 ( $K = 0,13$ ) (Tabla 4.3.2). Este conjunto es el que más alejado queda de la isotropía ( $I = 0,031$ ), situándose en la parte más inferior del triángulo, mostrando un alto índice de elongación de los restos ( $E = 0,328$ ) y valores de horizontalidad que parecen apuntar a una pendiente muy baja ( $F = 0,046$ ) (Tabla 4.3.2).

En cuanto a la proyección tridimensional de las fábricas para los materiales que componen el resto de materiales (Rest) indica que se encuentran bastante alejados de la isotropía y de la linealidad, localizándose en la esquina inferior izquierda del triángulo (planar) (Fig. 4.3.21). Este conjunto muestra el índice  $K$  más cercano a 0 de todos los conjuntos analizados ( $K = 0,01$ ), lo cual es un indicador de que se trata del más planar de todos los proyectados. Además, es importante destacar los otros índices, los cuales muestran unos valores muy bajos para la elongación ( $E = 0,018$ ) y la horizontalidad ( $F = 0,144$ ), así como un valor bastante bajo para el parámetro de la isotropía ( $I = 0,142$ ) (Tabla 4.3.2).

Por último, los análisis de fábricas considerando todos los restos muestran una posición clara en la izquierda inferior izquierda, lo que apunta hacia una fábrica claramente planar (Fig. 4.3.21). El valor obtenido para  $K$  ( $K = 0,042$ ) es bastante bajo, por detrás de Rest, lo que corroboraría esa tendencia planar. Los restos, en general, no son muy elongados ( $E = 0,050$ ) y tienden a una posición horizontal ( $F = 0,295$ ). En el caso del índice de isotropía, el valor obtenido ( $I = 0,281$ ) muestra isotropía (Tabla 4.3.2), por lo que la orientación de los restos tiende hacia la

aleatoriedad. Eso encajaría con los resultados acimutales y axiales, en los que los primeros parecían indicar un patrón orientado de los restos, mientras que los segundos mostraban aleatoriedad. Como se ha comentado con anterioridad, hay que tener en cuenta que es posible que los valores obtenidos para todo el conjunto de restos se vean afectados por los índices tan dispares obtenidos para los otros conjuntos más numerosos, como los grupos AC3 y Rest.

		AC1 (n=12)	AC3 (n=35)	Rest (n=49)	All (n=99)
<b>E1</b>	Azimuth	62,85	205,2	178,65	236,81
	Plunge	0,61	19,21	0,31	9,32
	Eigenvalue	7,045	14,537	23,074	44,371
<b>E2</b>	Azimuth	332,8	306,25	268,69	327,69
	Plunge	5,35	28,82	7,89	5,37
	Eigenvalue	4,735	13,057	22,652	42,174
<b>E3</b>	Azimuth	159,32	86,2	86,43	87,28
	Plunge	84,62	54,29	82,1	79,22
	Eigenvalue	0,22	7,406	3,273	12,455

	N	K	C	I	E	F	Confidence level
<b>AC1</b>	12	0,13	3,465	0,03123	0,327892	0,04646	<90%
<b>AC3</b>	35	0,189	0,674	0,50946	0,101809	0,56721	>99%
<b>Rest</b>	49	0,01	1,953	0,14185	0,018289	0,14449	>99%
<b>All</b>	99	0,042	1,27	0,2807	0,049514	0,29532	>99%

Tabla 4.3.2: Índices calculados para el análisis de fábricas de Aranbaltza II. Los parámetros K y C han sido calculados según Woodcock and Naylor (1983), mientras que el resto de parámetros se han obtenido según el método presentado por Benn (1994) usando el triángulo de Sneed and Folk (1958).

*Table 4.3.2: Index calculated for the fabric analysis of Aranbaltza II. The K and C parameters have been calculated according to Woodcock and Naylor (1983), while the rest of parameters have been obtained according to the Benn (1994) method, using the triangle of Sneed and Folk (1958).*

#### 4.3.5. Elipses

La aplicación de la distribución direccional se ha llevado a cabo en los conjuntos definidos según criterios estadísticos: AC1, AC2, AC3, AC4, Rest y a todo el conjunto de materiales. Para todos los análisis se ha empleado el valor de 2 desviaciones estándar. Según el análisis realizado (Fig. 4.3.22), se puede observar que los conjuntos AC2, Rest y All muestran una excentricidad casi idéntica (Tabla 4.3.3). Algo que también ocurre con los conjuntos AC1 y AC3. En el caso de AC4, el valor obtenido para la excentricidad indica que la elipse es casi circular ( $e = 0,454$ ). En cuanto a la orientación de los *clusters*, AC3, Rest y All muestran orientaciones muy similares, mientras que las orientaciones para AC1, AC2 y AC4 son muy dispares

respecto al resto de conjuntos de Aranbaltza y entre sí (Tabla 4.3.3). Evidentemente, las elipses más similares entre sí son Rest y All, y en menor medida AC3, ya que se trata de los conjuntos que contienen más material y, por tanto, más entidad tienen (Fig. 4.3.22).

La aplicación de este método de análisis ha permitido comparar las diferentes acumulaciones identificadas en Aranbaltza, desde los conjuntos más pequeños hasta el resto de materiales que conforman todo el utillaje registrado de Aranbaltza II. Al igual que se hizo con los *clusters* de fauna e industria lítica de Amalda, el objetivo de este análisis es individualizar los procesos que han participado en la formación del yacimiento a partir de la descripción y cuantificación de los atributos inherentes de los conjuntos de materiales.

	AC1	AC2	AC3	AC4	Rest	All
<b>n</b>	607	235	1780	144	2823	5595
<b>Area</b>	0,562	0,219	1,886	0,109	22,836	15,672
<b>Perimeter</b>	3,450	2,190	6,270	1,496	22,094	18,379
<b>Thickness</b>	0,370	0,219	0,701	0,179	2,298	1,899
<b>CenterX</b>	138,137	137,791	138,972	140,523	138,518	138,645
<b>CenterY</b>	121,981	123,021	122,707	123,679	122,961	122,796
<b>XStdDist</b>	0,492	0,215	0,878	0,198	3,249	2,723
<b>YStdDist</b>	0,364	0,324	0,684	0,176	2,237	1,832
<b>Major_Axis</b>	0,492	0,324	0,878	0,198	3,249	2,723
<b>Minor_Axis</b>	0,364	0,215	0,684	0,176	2,237	1,832
<b>Rotation</b>	118,506	150,162	66,213	79,568	71,026	68,327
<b>Orientation</b>	151,489	119,835	23,806	10,448	18,970	21,681
<b>Eccentricity</b>	0,673	0,747	0,627	0,454	0,725	0,740

Tabla 4.3.3: Datos de las elipses de las principales agrupaciones de Aranbaltza II.

*Table 4.3.3: Data obtained according to the ellipses of the main groups identified in Aranbaltza II.*

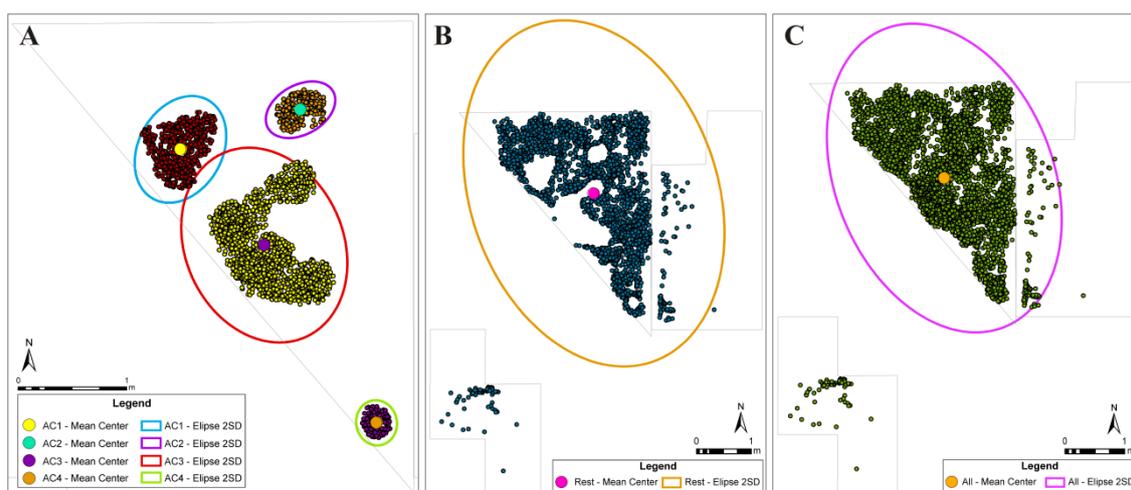
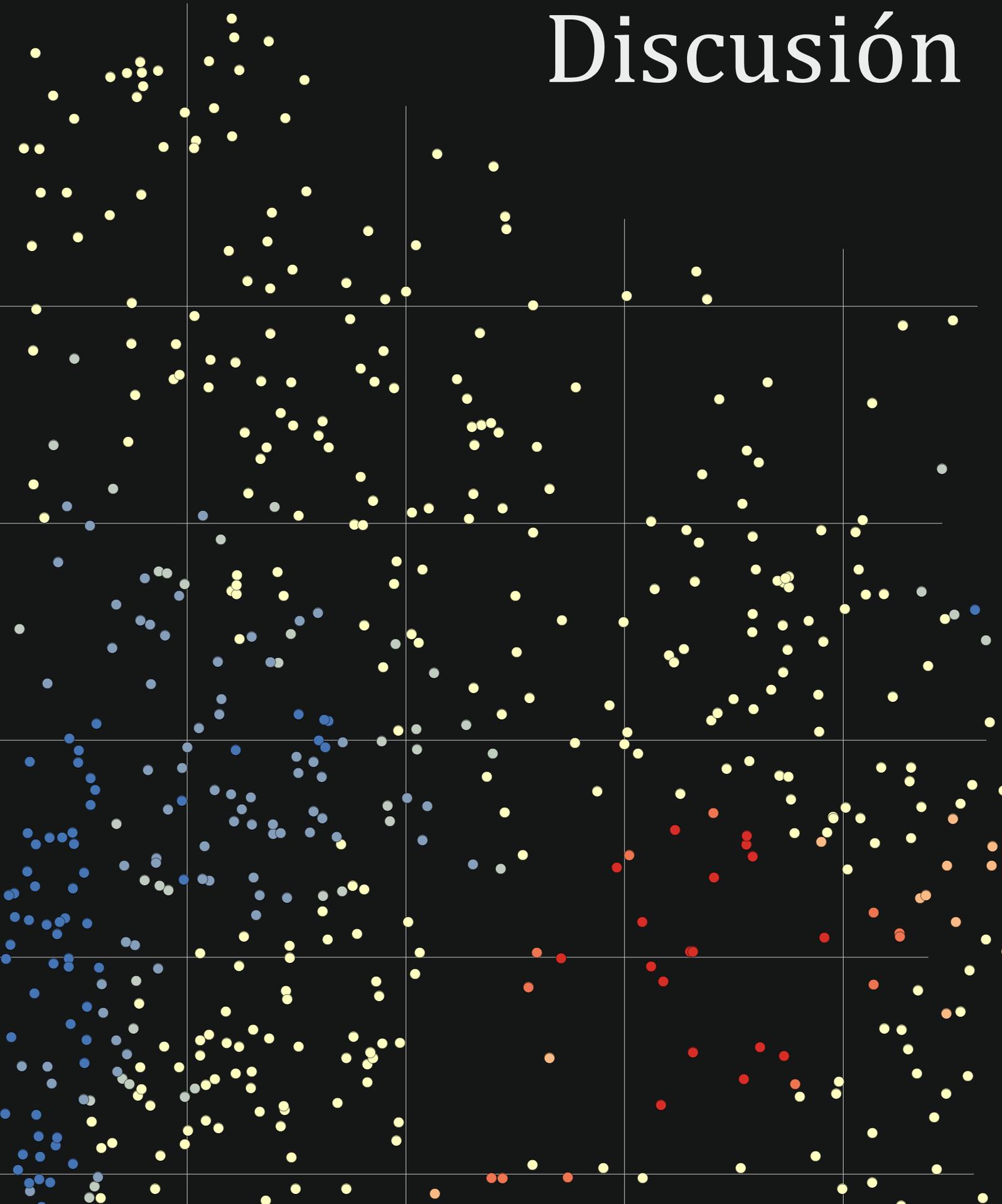


Figura 4.3.22: Planta donde se muestran las elipses para cada uno de los principales conjuntos de materiales identificados de Aranbaltza II (A), así como las elipses de Rest (B) y All (C).

*Figure 4.3.22: Map with the ellipses of the main groups identified in Aranbaltza II (A), as well as the ellipses of Rest (B) and All (C).*

# 5

## Discusión





Uno de los aspectos más importantes de este trabajo es que la aplicación de los diferentes métodos y herramientas de análisis planteados permiten evaluar las condiciones de los datos. En este sentido, en función del estado y la calidad de la información con la que se trabaja, se pueden plantear diferentes vías o posibilidades de análisis y hasta dónde se puede llegar en la interpretación con los datos disponibles.

En este capítulo, se van a exponer todas las ideas y conceptos que han surgido tras el análisis de los resultados. En primer lugar, se discuten las diferentes herramientas, test estadísticos, etc., aplicados para el análisis de datos, explicando las ventajas y limitaciones de cada uno de ellos y repasando otros trabajos que se han publicado previamente sobre el mismo tema. En segundo lugar, se explican los resultados obtenidos tras la aplicación de los diferentes análisis en el yacimiento de Ambrona, correlacionando las agrupaciones de material identificadas con su nivel estratigráfico correspondiente, a partir de las características de cada uno y los análisis de fábricas. En tercer lugar, se analizan los resultados de Amalda y se exponen una serie de conceptos basados en otros trabajos anteriores que podrían explicar los patrones de acumulación y organización diferencial identificados en el yacimiento. Por último, la discusión de Aranbaltza II se centra en la interpretación de las estructuras identificadas durante el proceso de excavación, las cuales muestran características específicas que podrían corresponder a procesos naturales.

### **5.1. Discusión del método de análisis espacial de yacimientos paleolíticos**

En el presente trabajo se presentan datos procedentes de diferentes yacimientos y cronologías, tanto al aire libre como en cueva. Para su estudio, se ha aplicado una metodología de análisis espacial basada en la combinación de técnicas (como las empleadas en geología para el análisis de fábricas o los análisis estadísticos usados en ecología, entre otras) y herramientas, principalmente Sistemas de Información Geográfica. Uno de los ejes de esta investigación es la integración de la documentación y los datos extraídos de los primeros trabajos desarrollados con los nuevos datos tomados en campañas recientes, de forma que se ha conseguido una unificación de todos los datos de los yacimientos, desde que prácticamente se empezaron a excavar hasta la actualidad (en el caso de Ambrona, lamentablemente, faltaría integrar lo excavado por el Marqués de Cerralbo, aunque sus trabajos se centraron principalmente en Torralba). De este modo, en el caso de Ambrona, se ha podido contar con gran cantidad de información y datos registrados con bastante rigor, los cuales permitieron llegar a una correlación entre los trabajos desarrollados entre los años 60 y 80 y los más recientes (90-2000 y 2013-actualidad) (Sánchez-Romero et al., 2016). Por otra parte, en el caso de Amalda se ha trabajado exclusivamente con los materiales de las campañas de los años 80 (Altuna, 1990), aunque aplicando métodos de análisis actuales que han permitido ahondar mucho más en los datos obtenidos en las campañas pasadas.

Los primeros trabajos de arqueología paleolítica en la Península Ibérica estaban muy concentrados en las secuencias culturales y en la recuperación de materiales arqueológicos significativos, por lo que no solían prestar la misma atención a otras cuestiones como los procesos de formación de los yacimientos. Estos trabajos, desarrollados por algunos de los pioneros de la arqueología como H. Breuil, H. Obermaier o J. M. Barandiarán, se realizaron con la metodología propia de su época, en grandes bloques de excavación sin apenas control espacial (como ejemplo, J. M. Barandiarán no incorpora el sistema de excavación por cuadrícula hasta su vuelta del exilio en los años 50-60) y con escaso control estratigráfico (Alcalde del Río et al., 1911; Breuil and Obermaier, 1912; Obermaier, 1925; Barandiarán, 1934). Gracias a ellos se tiene un amplísimo conocimiento acerca de numerosos yacimientos en la Península Ibérica y en Francia, ya que se dedicaron a la excavación y documentación de aquellos sitios donde se encontraron evidencias de actividad durante el Paleolítico. No sería hasta los años 50, con A. Leroi-Gourhan y su enfoque paleoetnográfico, cuando se empieza a introducir el concepto de suelos de ocupación (Leroi-Gourhan, 1950) y comienzan a realizarse excavaciones en extensión, buscando la contextualización y la correlación de los materiales recuperados en el mismo nivel estratigráfico. Por este motivo, los datos procedentes de excavaciones antiguas, son bastante complejos de integrar en un estudio que englobe todas las fases de intervención en un yacimiento. La información obtenida solía estar más centrada en los materiales recuperados que en la comprensión del yacimiento en sí, a excepción de aquellos yacimientos estudiados desde una perspectiva más geológica, en los que se hacía más hincapié en la comprensión de los procesos de formación. Desde hace ya unos cuantos años, hay un creciente interés sobre los procesos de formación de los yacimientos, donde los Sistemas de Información Geográfica proporcionan una serie de técnicas que permiten la combinación y análisis de distintas variables para el estudio espacial. Esto ha permitido una integración de todos los elementos estudiados, permitiendo con esa combinación de conocimientos un control integral del conjunto del yacimiento y su dinámica de formación (no solo por procesos naturales, sino por todos los factores que han ido interviniendo y generando lo que nos encontramos al abordar la excavación y estudio de un yacimiento). Las nuevas herramientas y conocimientos han posibilitado esa integración, permitiendo recuperar datos antiguos que, en su momento, pudieron ser descartados o que simplemente no se sabía cómo se podían gestionar. De esta forma, se puede hacer una revisión exhaustiva de todos los datos generados y aglutinarlos, no tratarlos como cuestiones separadas (excavaciones diferentes, datos diferentes) sino como lo que son, datos procedentes de un mismo yacimiento.

La georreferenciación de dibujos, planimetrías o fotografías de excavaciones antiguas generan una enorme cantidad de datos para trabajar, resultando una gran fuente de información que permite la incorporación de documentación antigua a la más reciente. De esta forma, se puede combinar información obtenida mediante

métodos de excavación más antiguos con datos de excavaciones más modernas, los cuales se encuentran más adaptados a la comprensión de los procesos de formación del yacimiento. De esta forma, se puede sacar el máximo partido a todos los planos, dibujos e incluso fotografías generadas durante los años de trabajo en los yacimientos, e incorporarlos a los nuevos datos para llevar a cabo estudios espaciales que integren toda la información posible del yacimiento. Cuando se aborda la georreferenciación de planos, es importante minimizar el error (al menos hasta donde se pueda), como por ejemplo en el momento de dibujar los restos. En esta Tesis, se ha comprobado que el proceso manual puede llegar a resultar más eficiente que un proceso de digitalización automatizado. Cuando se vectoriza un plano y se hace una conversión automática de los dibujos en *polygons*, la estructura ráster de la imagen inicial puede quedar reflejada en la forma de los elementos, generando materiales demasiado cuadrados, bordes con picos (al estar pixelado, el programa lo reconoce como tal), o con formas irreconocibles. Estos efectos, por tanto, siempre requieren de transformaciones (suavizados o simplificaciones geométricas) o ediciones posteriores (separación de entidades, redibujados, etc.) que pueden prolongar de manera significativa el procesado de datos, transformando un proceso, *a priori* rápido, en un desarrollo más dilatado y costoso. Los defectos causados por una transformación automática no resultarían un problema si se trata de materiales muy grandes y se quiere, por ejemplo, calcular la orientación o realizar análisis de densidad. Por otra parte, si se trata de elementos más pequeños, una forma aproximada podría bastar para el cálculo de densidad, pero no tanto en el caso de las orientaciones, donde la forma y los ángulos cobran una mayor importancia. Como ya se ha mencionado, hay tres sistemas que permiten calcular la orientación de los restos (D, MBR y PMA), los cuales dependen del eje mayor, las dimensiones y el ángulo dominante de la pieza. De este modo, si los restos vectorizados no mantienen un mínimo de exactitud con el dibujo o foto original, podría generarse un error en el cálculo de las orientaciones de las piezas debido a una forma errónea de los materiales a analizar. Por ello, es necesario comprobar que la vectorización, si es automática, produce resultados semejantes a los objetos iniciales, manteniendo unos mínimos de precisión, y comparar los resultados obtenidos con otros análisis que nos permitan corroborar dichos resultados. Un concepto básico para la comprobación de que una vectorización ha sido correcta (también válido para cualquier otro análisis) es la escala. Cuando se realizan análisis espaciales de yacimientos, hay una tendencia a focalizar mucho la atención en estructuras, en concentraciones, en zonas concretas del yacimiento, etc., haciendo, en ocasiones, un uso un tanto abusivo del *zoom*. De esta forma, se corre el riesgo de perder esa visión espacial del conjunto del yacimiento, perdiendo precisión y no considerando todos materiales que componen el conjunto georreferenciado y que forman parte del todo a estudiar. Lo que realmente marca la precisión es alcanzar la escala original de los mapas vectorizados, aproximándose lo máximo posible a la dispersión encontrada en el yacimiento cuando se excavaron y dibujaron los materiales encontrados. De

esta forma, las transformaciones deben realizarse considerando la escala en la que fueron producidos los mapas de dispersión.

Al abordar el análisis espacial de los restos de un yacimiento es inevitable centrarse, en un primer momento, en las zonas de máxima y mínima acumulación de materiales. De esta forma, una de las primeras herramientas en emplear es el análisis de densidad. Muchos trabajos han empleado este tipo de análisis para la identificación de las zonas de más o menos acumulación de restos, centrándose únicamente en las causas antrópicas, pero sin valorar otros posibles factores. De este modo, en los trabajos de Sañudo et al., 2012; Blasco et al., 2016; Pop et al., 2016; Spagnolo et al., 2016; Alperson-Afil, 2017; Villaverde et al., 2017; Domínguez-Rodrigo and Cobo-Sánchez, 2017a; Domínguez-Rodrigo et al., 2017; Giusti et al., 2018; López-Ortega et al., 2017, *inter alia*, se aplican los cálculos de densidad para conocer la distribución de materiales y diferenciar las zonas de mayor concentración de restos, con el objetivo de diferenciar posibles patrones de acumulación alrededor de hogares, zonas de actividad, etc. Recientemente, se han empleado los análisis de densidad para conocer los patrones de distribución de los materiales en cota, teniendo en cuenta los ejes XZ e YZ (Sánchez-Romero, 2012; De la Torre and Wehr, 2018; De la Torre et al., 2018). Este sistema de análisis permite conocer las zonas de máxima concentración de restos según su distribución vertical y conocer la posible existencia de vacíos (hiatos) que separan unas acumulaciones de otras, pudiendo de esta forma inferir y separar posibles ocupaciones reiteradas.

Los cálculos de densidad aplicados a los tres yacimientos en los que este trabajo está centrado, se realizaron empleando el método de densidad kernel con radios de búsqueda adaptados a las características propias de cada yacimiento. De esta forma, para Ambrona (Figs. 4.1.13, 4.1.14) se aplicó un radio de 2 m (Sánchez-Romero et al., 2016), para Amalda (Fig. 4.2.5) de 0,50 m y para Aranbaltza II (Fig. 4.3.3) de 0,30 m. El radio empleado para Ambrona difiere bastante de los aplicados en anteriores trabajos, mientras que los de Amalda y Aranbaltza II son más semejantes a los publicados por otros autores (Blasco et al., 2016; Giusti et al., 2018). Por otra parte, es interesante destacar que es complicado encontrar publicaciones donde se especifique el radio de búsqueda e incluso el tipo de análisis de densidad aplicado, aunque la gran mayoría de los trabajos publicados que se han consultado emplean el cálculo de densidad kernel, siendo muy pocos los que emplean un cálculo de densidad normal de puntos. Como se ha comentado anteriormente, la selección de los radios de búsqueda aplicados a los yacimientos de esta investigación se ha basado en la extensión del área a analizar y la cantidad de elementos contenidos, ya que no es lo mismo la extensión y el tamaño de los restos de Ambrona, que el área de Aranbaltza II y la enorme cantidad de restos presentes en un área tan reducida, por mencionar los dos casos más extremos tratados en esta Tesis. En este trabajo, se han empleado distribuciones de colores

continuos para la visualización de los datos de densidad, así como la clasificación según la distribución natural de los datos, estimada según la ruptura natural de los datos de Jenks.

Asimismo, las zonas de mayor y menor concentración de materiales han sido contextualizadas con otros datos. Uno de estos datos es la paleotopografía del terreno, que ha resultado ser una herramienta determinante para inferir el tipo de relieve sobre el que se depositaron los materiales, ya fuera por procesos naturales o intencionados. La aproximación al tipo de paleosuperficie permite comprobar si las zonas de mayor acumulación coinciden con áreas topográficas determinadas y valorar el tipo de proceso que podría haber causado una acumulación selectiva en función del relieve. En esta investigación, la reconstrucción de las paleosuperficies donde se emplazan los materiales arqueopaleontológicos excavados se ha estimado mediante métodos de interpolación. Entre los diferentes métodos existentes (*IDW*, *spline*, *kriging*, vecinos próximos, de topo a ráster), se ha empleado el método de interpolación *kriging*, debido a que las características de este método permitían una estimación geoestadística de la paleotopografía más adecuada al tipo de datos e información que se manejaba. Debido a que se contaba con puntos con valores X, Y, Z distribuidos en el área de excavación de forma irregular, se necesitaba un método de estimación que considerase la correlación espacial de los datos que permitiera reconstruir geoestadísticamente las zonas donde no hubiera información.

Las reconstrucciones paleogeográficas *intra site* no son algo común en los estudios en arqueología, ya que en muchas ocasiones no se cuentan con datos suficientes que permitan inferir las paleosuperficies sobre las que se depositaron los materiales excavados. A pesar de ello, se han realizado algunos trabajos en yacimientos paleolíticos en esta dirección, aportando datos muy interesantes acerca del posible contexto en el que los materiales se depositaron. Este es el caso de la reconstrucción de los procesos hidrológicos y su incidencia en la formación del yacimiento de Neumark-Nord 2 (García-Moreno et al., 2016), lo que ha permitido conocer la relación entre los datos de orientación de las piezas y los flujos de agua y zonas de acumulación de los materiales. En general, los trabajos de reconstrucción vinculados a yacimientos arqueopaleontológicos están más enfocados en grandes áreas, con el fin de conocer el paleoambiente y paleorrelieve en el que se enmarcan los yacimientos (Petraglia et al., 2012; Breeze et al., 2015; Uribelarrea et al., 2017) o el entorno en el que dichos yacimientos se encuentran localizados (Benito-Calvo, 2004; Benito-Calvo et al., 2008, 2015; Karampaglidis et al., 2014; Karampaglidis, 2015), lo que ayuda a conocer los patrones de movilidad de los grupos responsables de la acumulación de materiales en los yacimientos y los elementos clave que pudieron determinar su ubicación en ese lugar (como la presencia de ríos, valles, costas, etc.).

Para las interpolaciones que han permitido las diferentes reconstrucciones realizadas en esta Tesis, se ha empleado un radio de 8 sectores debido a que los datos de entrada no mostraban influencias direccionales y, por tanto, su aplicación era igual en todas las direcciones. En caso de que hubiera habido una autocorrelación direccional o una tendencia en los datos, se habrían empleado los 4 sectores, los cuales son en realidad elipses. El hecho de que la orientación de los 4 sectores sea normal o con una inclinación de 45° se debe a que dicha elipse puede ser orientada paralelamente a la dirección en la que los valores de datos son más similares (ESRI, 2017). Como en los casos de Ambrona y Amalda no se observaron tendencias, y se pretendía que todos los puntos fueran interpolados sin anisotropías direccionales, se decidió optar por el círculo de 8 sectores.

Respecto a los otros métodos de interpolación, como *spline* o vecino natural (por mencionar los que, por sus características, podrían haber sido empleados), no permitían incorporar la autocorrelación espacial entre los datos, algo que sí aporta el método *kriging*. Como ya se ha visto en los apartados anteriores, la autocorrelación espacial permite generar una superficie de predicción bastante precisa a partir de la relación estadística entre los puntos medidos. En el caso de *spline*, está concebido para zonas que varían levemente, suavizando las superficies. Evidentemente, no es el caso de Ambrona donde la superficie es muy amplia y las variaciones muy acusadas, sobre todo en el sustrato (Kuiper) (Fig. 4.1.7). En el caso de Amalda, la variación tampoco es leve, ya que encontramos una pendiente que, aunque suave, es bastante acusada entre las zonas del interior y el exterior (Fig. 4.2.1). De hecho, hacia el exterior se ve cómo la pendiente es mucho más pronunciada, algo que ya se vio durante los trabajos de Altuna (Altuna et al., 1990). El vecino natural suele aplicarse para superficies más pequeñas y restringidas.

Podría haberse aplicado a Aranbaltza II, pero no se disponían de datos que permitieran una reconstrucción paleogeográfica. Si se hubiera aplicado el mismo sistema que en Amalda (a través de las cotas de los materiales con coordenadas reales, previo filtro según su valor de Z), el resultado no habría sido el adecuado, puesto que se trata de un paquete de arenas bastante masivo, en el que ha actuado cierta energía y en el que los valores de cota de los materiales podrían no resultar coherentes para la interpolación de la paleosuperficie, debido sobre todo a la falta de homogeneidad en las cotas (muchos elementos verticales, con cotas que no conforman una continuidad sino que se encuentran repartidos por toda la potencia del nivel) en las zonas de máxima acumulación de restos, donde se registran las morfologías de aporte de materiales, y esos valores de cota respecto al resto del área de distribución de los materiales. Estos datos no permitirían llevar a cabo una reconstrucción continua de la paleosuperficie del nivel. En este caso, se ha aplicado la función Getis-Ord  $G_i^*$  a los valores de cota y se ha combinado con proyecciones 3D para comprobar las variaciones de pendiente.

En cuanto a la identificación de conjuntos o acumulaciones de materiales, se ha llevado a cabo a partir de la combinación de diferentes herramientas, desde el ya mencionado análisis de densidad kernel hasta la estadística inferencial. La metodología de análisis que aquí se presenta pretende dar un paso más allá de identificación visual o numérica, identificando las acumulaciones con criterios de significancia estadística según el espacio que ocupan y su ubicación dentro del contexto del yacimiento. Estos criterios permiten la delimitación precisa de las zonas de acumulación a través de su grado de significancia estadística y, por tanto, la definición de las acumulaciones con criterios menos subjetivos y conociendo el grado de incertidumbre de cada acumulación. Hasta entonces, las maneras más comunes de identificar las acumulaciones principales eran a partir de análisis de densidad (Mitchell et al., 2006; Sañudo et al., 2012; Sánchez-Romero, 2012; Blasco et al., 2016; Geiling et al., 2016, Pop et al., 2016; Alperson-Afil, 2017; Domínguez-Rodrigo and Cobo-Sánchez, 2017a; Giusti et al., 2018; López-Ortega et al., 2017, *inter alia*) y los remontajes (Vaquero and Pastó, 2001; Vaquero et al., 2012a, 2012b, 2017; Bargalló et al., 2016; López-Ortega et al., 2017; Modolo and Rosell, 2016, 2017; Brenet et al., 2018; Spagnolo et al., *in press, inter alia*), los cuales permitían localizar las principales zonas de concentración de materiales y, a partir de ahí, definir unidades domésticas, zonas de actividades concretas como talla o procesado de animales, zonas de deshecho (*dumping*), etc. La combinación del análisis de vecinos próximos ANN (cálculo del promedio de las distancias entre los centroides de cada elemento) y el cálculo de los estadísticos Chi-cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, permiten conocer si los elementos de estudio se encuentran agrupados, aleatorios o dispersos, pudiendo tener un conocimiento general de distribución de los restos. En el caso de los tres yacimientos de estudio, los patrones obtenidos indicaban que los materiales se encontraban agrupados, aunque, tal y como se ha visto en los resultados, la causa de dicha agrupación es muy diferente entre ellos. Asimismo, si los materiales no se hubieran encontrado agrupados, no se habrían podido aplicar los métodos para la detección de las acumulaciones, ya que no hubieran sido identificadas agrupaciones estadísticamente significativas, sino que los materiales se encontrarían dispersos sin ningún tipo de patrón a analizar. Por ello, es importante tener una visión general de la distribución espacial, ya que sirve como paso previo a los siguientes análisis a aplicar. Por otra parte, cabe destacar la combinación de los cálculos llevados a cabo, ya que, aunque todos se encargan del análisis de la distribución de los materiales, unos se centran en el elemento en sí y su relación con otros elementos en el espacio de estudio (como en el caso de ANN y la función K), mientras que otros realizan el cálculo en función del contaje de número de elementos por cuadro (Chi y K-S). ANN permite conocer si los elementos se encuentran agrupados o dispersos y el grado para cada uno de ellos a partir del cálculo de los *p-values* y los *z-scores*. Por otra parte, Chi y K-S permiten conocer si los materiales se encuentran agrupados o aleatoriamente distribuidos según los elementos por cuadro (Lee and Wong, 2000), algo que no es posible medir con

ANN cuando no se tienen datos X, Y, Z que permitan calcular el grado de agrupación o aleatoriedad para materiales sin coordenadas (como ha ocurrido con los materiales contenidos en las bolsas de industria de Aranbaltza II o los materiales de fauna clasificados como *no-identificables* por el equipo de Altuna). En este trabajo se han aplicado ambos cálculos para el mismo tipo de datos y en todos los casos los resultados fueron iguales, aunque ANN permite conocer el grado de agrupación, mientras que los estadísticos Chi y K-S permiten conocer si los materiales se encuentran agrupados o dispersos según la comparación de los valores calculados y los valores críticos para cada caso. De esta forma, son dos vías diferentes para calcular la aleatoriedad o agrupamiento de los datos, igual de válidas en función del tipo de datos disponibles.

Mientras que estos métodos permiten discernir si la distribución general es aleatoria, uniforme o agrupada en el conjunto del yacimiento, otros métodos permiten estimar si dichos patrones se encuentran presentes a lo largo de toda la extensión del yacimiento. En este sentido, la función K de Ripley aporta un nuevo elemento para saber a qué distancia cambia el patrón, indicando a qué distancias se encuentran agrupados o dispersos los materiales. Esta técnica está muy extendida en ecología (algunos de los estudios consultados han sido de gran ayuda para este trabajo), donde se suele emplear para conocer los patrones de distribución de ciertas plantas o árboles (Prentice and Werger, 1985; Sterner et al., 1986; Skarpe, 1991; Kenkel, 1993; Hasse, 1995; Arévalo and Fernández-Palacios, 2003; Perry et al., 2006, *inter alia*). En arqueología, este método de análisis ha sido empleado en los últimos años, ya que permite estimar de manera sencilla la distancia a la que se encuentran agrupados los materiales dentro de un espacio limitado. Por poner varios ejemplos recientes, en los yacimientos de Olduvai HWK EE (De la Torre et al., 2018) y EF-HR (De la Torre and Wehr, 2018) se aplicó la función K para comprobar si los materiales se encontraban agrupados o aleatoriamente distribuidos, así como para estimar los patrones de agrupamiento de los materiales; mientras que en el yacimiento de Marathousa 1 (Giusti et al., 2018), la función K fue aplicada para evaluar estadísticamente la intensidad de la acumulación previamente evaluada por kernel y la interacción entre los puntos. En el yacimiento de Oscurusciuto (Spagnolo et al., *in press*) se empleó de una forma similar a Olduvai, para verificar las variaciones de agrupamiento o dispersión en función de la distancia. Por otro lado, el método de autocorrelación espacial incremental analiza la intensidad de las agrupaciones y las distancias en las que el agrupamiento es más apropiado, proporcionando valores de distancia para aplicar a los métodos de detección de grupos. Esta herramienta es muy adecuada para detectar los valores de distancia apropiados para aplicar los métodos de detección de grupos, aunque, en nuestro conocimiento, aún no ha sido aplicada en el análisis espacial de yacimientos paleolíticos.

Cuando se comprueba que una distribución tiene un patrón agrupado, las cuestiones inmediatas son dónde y cómo se distribuyen los grupos. Estos interrogantes son elementos clave para el estudio de los factores de formación de un yacimiento, como en el caso de Ambrona (Sánchez-Romero et al., 2016), Abric Romaní (Vaquero and Pastó, 2001; Vaquero et al., 2012a, 2012b, 2015, 2017; Sañudo et al., 2012; Cáceres et al., 2012; Rosell et al., 2012; Bargalló et al., 2016; Modolo and Rosell, 2016; Gabucio et al., 2018, *inter alia*), Qesem Cave (Blasco et al., 2016) o Kebara (Speth et al., 2012), por mencionar solo algunos. Los métodos anteriormente descritos no permiten distinguir y cartografiar los grupos existentes, por lo que la definición de las agrupaciones más importantes se debe realizar utilizando otras técnicas. A su vez, también surge otra disyuntiva: la variable para definir los grupos. En este trabajo, con objeto de testar varias técnicas y ver posibles incertidumbres a la hora de definir espacialmente los grupos, se contrastaron varios protocolos metodológicos a distintas variables:

- Clasificación de los grupos mediante la interpolación (generación de puntos a partir de unos puntos dados para crear una superficie continua) de la variable y su clasificación según el método de Jenks. Para el caso de la variable frecuencia de materiales, se generaron mapas de densidad que posteriormente fueron clasificados utilizando Jenks. Este método fue usado con la variable frecuencia para el caso de Ambrona (Fig. 4.1.13) y con la variable de longitud máxima para los casos de Amalda (Fig. 4.2.6) y Aranbaltza II (Fig. 4.3.4), aunque podría haberse usado igualmente cualquier otra variable cuantitativa. Como ya se ha mencionado, los mapas de densidad han sido quizá la técnica más empleada (Mitchell et al., 2006; Sañudo et al., 2012; Blasco et al., 2016; Geiling et al., 2016, Pop et al., 2016; Spagnolo et al., 2016; Alperson-Afil, 2017; Domínguez-Rodrigo and Cobo-Sánchez, 2017a; Villaverde et al., 2017; Giusti et al., 2018; López-Ortega et al., 2017, *inter alia*) para la identificación de agrupaciones, aunque su clasificación y la determinación del umbral a partir del cual se define un grupo varía mucho de unos trabajos a otros. En el caso de Romaní, los autores detectaron las zonas de mayor acumulación de materiales según la dispersión y el análisis de densidad de diferentes variables (Vaquero and Pastó, 2001; Sañudo et al., 2012; Cáceres et al., 2012; Rosell et al., 2012; Gabucio et al., 2018), aunque intervinieron otros factores que permitieron definir con mayor precisión las zonas principales de concentración de restos, como los remontajes (Cziesla et al., 1990; Vaquero, 1999; Vaquero et al., 2012a, 2012b, 2015, 2017; Bargalló et al., 2016; Modolo and Rosell, 2016, 2017; Gabucio et al., 2018) y la conservación de los hogares (Vaquero and Pastó, 2001; Vallverdú-Poch and Courty, 2012; Sañudo et al., 2012). En este caso, todos estos elementos han permitido delimitar con bastante precisión las unidades domésticas y los conjuntos de materiales asociados. Otros yacimientos como Qesem Cave (Blasco et al., 2016), Kebara (Speth et

al., 2012; Albert et al., 2012), Oscurusciuto (Spagnolo et al., 2018) u otros yacimientos de cronología más reciente, como el yacimiento solutrense al aire libre de Landry (Brenet et al., 2018) o los yacimientos magdalenenses de El Mirón (Geiling et al., 2016) o Étiolles (Caron-Laviolette et al., 2018), por mencionar solo algunos de los muchos en los que se han llevado este tipo de análisis, detectaron las zonas de mayor acumulación a partir de análisis de densidad. El elemento común a todos ellos es la presencia de uno o varios hogares, unas estructuras que parecen ser las responsables de la concentración tan marcada de los restos. Sin embargo, la definición de las áreas de actividad se realizó, principalmente, a partir de los análisis de densidad, los cuales sirvieron como punto de partida para el estudio posterior de la composición de cada una de las concentraciones. Con objeto de generar una aproximación objetiva, Sánchez-Romero et al. (2016) (y, por extensión, en la presente Tesis) realizó la clasificación según el método Jenks, el cual proporciona la distribución de los grupos naturales. La aplicación de este método ayudó a determinar objetivamente el umbral que define las agrupaciones de los huesos del Miembro Inferior de Ambrona (Fig. 4.1.13). Debido a que en este caso no se contaban con más variables, ya que la gran mayoría de los elementos de estudio procedían de planos de dispersión georreferenciados sin más información que la del objeto en sí, estos conjuntos fueron los escogidos como punto de partida para el análisis espacial del yacimiento de Ambrona (Sánchez-Romero et al., 2016). Lo mejor de estas técnicas es que permiten definir agrupaciones en base a mapas de alta resolución y distribución de valores continuos, como son los mapas de densidad para las variables de frecuencia. En este trabajo, el uso de densidad kernel y Jenks ha servido como paso preliminar para tener una visión general y gráfica de la distribución de los materiales. Sin embargo, la definición de los grupos se ha realizado a partir de los resultados obtenidos tras la aplicación de todos los métodos y técnicas de análisis descritas, sin limitar esa definición de los conjuntos a la información proporcionada únicamente por kernel o Jenks. En el caso de Ambrona, debido a las características y limitaciones de los datos, solo se pudo aplicar un método más de análisis (Getis-Ord  $G_i^*$ ), mientras que los yacimientos de Amalda y Aranbaltza II han permitido la definición de los conjuntos más importantes a partir de la combinación de todas las técnicas aquí descritas.

- Identificación de los grupos mediante técnicas de clasificación no supervisada, como k-means (Forgy, 1965; Hartigan and Wong, 1979; Kintigh and Ammerman, 1982; Kinting, 1990), que fuerzan a todos los elementos de una distribución a pertenecer a un grupo según una variable definida previamente. Esta técnica permite contrastar los grupos previamente definidos por Jenks con los obtenidos a partir de la aplicación de k-means, pudiendo de esta forma comprobar la validez de los datos y la

precisión a la hora de delimitar los conjuntos. En general, la aplicación de este método de clasificación ha sido empleado para la identificación de dispersiones de puntos tanto a nivel *intra site* como *inter site* (Blankholm, 1991; Enloe et al., 1994; Baxter, 2015), sobre todo en yacimientos holocenos (McAndrews et al., 1997; Savage, 1997; Ladefoged and Pearson, 2000; Alconini, 2004; Dixon et al., 2008; Lemke, 2013). El uso de este método ha sido muy minoritario en yacimientos pleistocenos, sobre todo en el campo del análisis espacial (Simek and Larick, 1983; Vaquero, 1999; Rios-Garaizar, 2012). Sin embargo, la combinación de este método junto con otros, como Jenks, ha resultado una buena herramienta para la identificación de las concentraciones principales y su localización espacial (Sánchez-Romero et al., 2016), sobre todo en aquellos yacimientos donde hay una mayor limitación en cuanto a los datos (Figs. 4.1.17 y 4.3.15). Posteriormente, se han publicado algunos trabajos con el uso de k-means para el análisis espacial de materiales arqueológicos (Domínguez-Rodrigo and Cobo-Sánchez, 2017b; De la Torre and Wehr, 2018).

- Individualización de los grupos estadísticamente significativos considerando la variable cuantitativa que define al objeto y la relación espacial entre los objetos. En este caso se utilizaron las técnicas de *hotspots*, mediante los métodos Getis-Ord  $G_i^*$  y Anselin Local Moran's I, los cuales fueron aplicados considerando varias variables cuantitativas (frecuencia, dimensiones, etc.) y no solo a los elementos individuales, sino también al conteo por cuadro (ya que hay casos en los que los materiales no contaban con información X, Y, Z). Estos métodos ya han sido aplicados por otros autores en arqueología (Caruana et al., 2014), mientras que en el análisis de yacimientos no está tan extendido. El primer trabajo en el análisis *hotspots* de distribución de materiales arqueopaleontológicos fue el de Sánchez-Romero et al. (2016), al cual siguieron otros (Domínguez-Rodrigo and Cobo-Sánchez, 2017a, 2017b; Shipton et al., 2018). Como ya se ha descrito, estas técnicas pueden ser aplicadas por cuadrantes o a los objetos (Jeefo et al., 2011; Naqvi et al., 2015), considerando un radio de influencia, y proporcionando significancia estadística a las agrupaciones detectadas. Esta significancia es la que se emplea para definir la importancia de las agrupaciones, que normalmente son consideradas a partir de una significancia superior al 95%, como ya visto en los casos estudiados en esta Tesis.
- Identificación de los grupos estadísticamente significativos considerando el mapa interpolado de la variable cuantitativa. En este caso, se aplicaron los métodos de Getis-Ord  $G_i^*$  y Anselin Local Moran's I a los mapas de densidad (Figs. 4.2.18 y 4.3.13). Esta es una técnica inédita, la cual combina lo mejor de ambos métodos. Por un lado, trabaja con mapas de distribución continua

y, por otro, proporciona valores de significancia estadística que ayudan a definir la importancia de las agrupaciones. De esta forma, se puede llevar a cabo una definición mucho más exacta de los límites del conjunto, pudiendo combinar este resultado con otros análisis de variables que permitan afinar los procesos responsables de dicha acumulación. En arqueología, al igual que en otras muchas disciplinas, los límites exactos no suelen existir, pero el hecho de tener una buena definición permite poder acotar y descartar unos procesos de otros.

De esta forma, una vez identificadas las zonas de mayor acumulación de materiales, la paleotopografía sobre la que se encuentran los materiales y la identificación del patrón agrupado de los restos, es importante contar con protocolos que permitan el análisis de dichas agrupaciones y las diferentes variables a considerar. En este trabajo, se han podido comprobar varios aspectos metodológicos respecto al uso de estas técnicas en yacimientos paleolíticos.

En primer lugar, algunos métodos agrupan los valores de la distribución forzando a todos los elementos a pertenecer a un grupo. Estos métodos de clasificación no supervisada, como k-means o Jenks, permiten clasificar en grupos todas las observaciones, ya sea agrupando según el valor medio más cercano o según la similitud de los valores. Estos métodos han sido más aplicados en arqueología de periodos más recientes (McAndrews et al., 1997; Savage, 1997; Ladefoged and Pearson, 2000; Alconini, 2004; Dixon et al., 2008; Lemke, 2013), aunque menos en yacimientos paleolíticos. Su uso no se ha limitado al análisis espacial *sensu stricto*, como Simek and Larick (1983), quienes lo emplearon para definir los patrones de distribución de diferentes variables en el yacimiento de Pincevent, o Vaquero (1999), quien aplicó k-means para identificar las principales agrupaciones de material lítico en Abric Romaní; sino también para otros interrogantes, como en el caso del análisis tipométrico de la industria lítica gravetiense del yacimiento de Amalda (Arrizabalaga, 1995). En relación con esta Tesis, k-means supuso un punto de partida muy importante para el análisis espacial de los datos de Amalda, ya que permitió contrastar las simulaciones aleatorias realizadas en la tesis doctoral de Rios-Garaizar (2012) y situar espacialmente los materiales sin coordenadas absolutas. Esta distribución aleatoria de materiales y su testeo con k-means permitió verificar que los materiales se distribuían de una manera muy similar, obteniendo patrones de dispersión de materiales muy parecidos en cada una de las simulaciones. Esto es debido a que el rango de error era muy reducido, ya que los materiales, aun no teniendo coordenadas absolutas, sí tenían la referencia del cuadro en el que fueron recogidos. En cada una de las simulaciones se obtuvieron patrones prácticamente idénticos (Rios-Garaizar, 2012). En esta Tesis Doctoral, k-means ha sido empleado simplemente como un método para contrastar los grupos con el resto de análisis realizados, ya que la definición de los grupos relevantes

para el estudio fue realizada por otros métodos con criterios de significancia estadística.

Por otra parte, Jenks he permitido clasificar las acumulaciones más significativas de materiales a partir del análisis de densidad kernel, ajustando más el resultado y resaltando aquellas zonas que previamente se podían ver como menos marcadas. El contraste de los resultados obtenidos en Jenks con los obtenidos tras la aplicación de Getis-Ord  $G_i^*$  al conteo de elementos por cuadrante (Figs. 4.2.12, 4.2.13, 4.2.23-4.2.28), ha permitido comprobar que la herramienta de clasificación Jenks es bastante útil a la hora de realizar una clasificación rápida y ajustada de las zonas de mayor acumulación de materiales. En este punto, es importante destacar la funcionalidad de los análisis de densidad, los cuales permiten una visualización rápida y bastante precisa de las zonas de máxima y mínima concentración de elementos. Sin embargo, cuando se realizan análisis de distribución de materiales para inferir los procesos que han participado en la acumulación de los restos, es necesario ir un paso más allá de la simple discriminación de zonas según los índices de densidad. Este tipo de análisis son muy útiles cuando se aborda el estudio espacial de un yacimiento, ya que sirven como punto de partida para la consecución de otros análisis más específicos, como los *hotspots*.

En ocasiones, las zonas de máxima acumulación de restos detectadas por los cálculos de densidad pueden coincidir con *clusters hotspots* o *coldspots*, como en el caso de Amalda. Pero en otras no, como se ha visto con las zonas de máxima acumulación de Aranbaltza II y en la identificación de agrupaciones según el tamaño de los restos. Como hemos visto en el apartado de resultados, no hay agrupaciones significativas en cuanto al tamaño de los restos analizados de Aranbaltza II. Sin embargo, si se comparan los análisis realizados en función de los datos PR y PS (Puntos reales tomados en campo con estación total (PR) y simulación (PS) creada a partir de la generación de puntos aleatorios según los datos de cada bolsa de material) para identificar las zonas de acumulación de restos, hay diferencias claramente significativas. Los resultados obtenidos para Getis-Ord  $G_i^*$  y Anselin Local Moran's I de los datos PR según la variable de número de restos, muestran una acumulación *hotspot* en la zona central-norte del yacimiento. Sin embargo, al realizar el conteo según el número de restos PS por cuadrantes, el resultado es muy diferente. No se observa ninguna acumulación similar a la obtenida por PR, sino las acumulaciones más importantes se dan hacia el oeste del área y dos pequeñas acumulaciones *hotspot* hacia la zona central. El hecho de que no coincidan las proyecciones Getis-Ord  $G_i^*$  de PR y PS, y no sean resaltadas las zonas donde hay una mayor concentración de material en el análisis PR según el número de restos, se debe a que una sola bolsa rodeada de valores bajos no conforma un *cluster hotspot* (agrupación de valores altos). Sin embargo, la agrupación de varios puntos PR cuyo valor es alto o mayor que 1 (es decir: varias bolsas con más de un resto) sí genera un *cluster hotspot*, que es lo que se ve en la

proyección Getis-Ord  $G_i^*$  de PR según el número de restos. De esta forma, cabría preguntarse si la recogida de restos por bolsas, con un solo punto que indique la posición de la bolsa y el radio aproximado de recogida de los restos contenidos, no falsea la distribución. Como se puede ver, los *hotspots* muestran distintos resultados en función de los datos PR y PS. En este punto, es importante remarcar los métodos de excavación y de recogida de datos, ya que para evitar en la medida de lo posible mayores incertidumbres, es necesario tener un buen control y una sistematización de la toma de datos. En el caso de Aranbaltza, se tienen los contajes de las piezas contenidas en cada bolsa y el radio de recogida de materiales, lo cual ha permitido realizar una distribución teórica que muestra una distribución más aproximada de lo que realmente se encontró en campo. Sin los datos de contaje ni el control del radio de recogida, se tendría una distribución de restos bastante diferente que podría falsear el análisis espacial, además de reducir el número de objetos disponibles al carecer de ubicación o relación espacial.

Las relaciones espaciales que se pueden aplicar a los cálculos de Anselin Local Moran's I y Getis-Ord  $G_i^*$  son la banda fija, la inversa y la inversa cuadrada. Trabajos anteriores aplican solo uno de estos métodos, como en el caso de la caracterización de huellas uso en industria lítica (Caruana et al., 2014), mientras que Sánchez-Romero et al. (2016) usó la banda fija para el análisis espacial del yacimiento de Ambrona. Posteriormente, Domínguez-Rodrigo and Cobo-Sánchez (2017a) han empleado este método para clasificar las zonas de mayor o menor intensidad de los yacimientos de FLK Zinj 22 y PTK I y Shipton et al. (2018) para clasificar por tamaño los materiales del yacimiento de Dawadmi. En ninguno de estos trabajos se especifica el tipo de relación espacial aplicada, así como tampoco el método de clasificación *hotspots* empleado. Con objeto de profundizar en el significado que las distintas relaciones espaciales pueden tener en la definición de las agrupaciones de materiales, en esta Tesis se han contrastado estos tres tipos de banda y los resultados obtenidos para cada una de ellas.

De esta forma, en este trabajo se han aplicado las diferentes relaciones espaciales para comprobar la validez de cada una de ellas según los distintos contextos de análisis, así como los resultados y las diferencias existentes en cada una de las relaciones espaciales. Por una parte, la banda fija permite delimitar la zona de interacción espacial marcando una zona de influencia (ESRI, 2017), por lo que esta banda podría ser la más adecuada para áreas de estudio más reducidas o delimitadas. Por otra parte, las distancias inversa e inversa cuadrada son muy parecidas y, como se ha podido comprobar, dan resultados muy similares entre sí. Al contrastar los resultados obtenidos entre la banda fija y las inversa e inversa cuadrada, se podría decir que se obtiene una mayor delimitación y definición de las acumulaciones de materiales con la banda fija. Esto podría deberse a que las áreas de los yacimientos a los que se han aplicado, y contrastado, las tres relaciones espaciales son bastante reducidas (Amalda y Aranbaltza). En el caso de Ambrona,

solo se ha aplicado una relación espacial (banda fija), ya que las condiciones en las que se ha estudiado este yacimiento no han permitido ahondar más en los datos. En general, las diferencias entre las tres relaciones son mínimas, excepto, tal vez, en el caso de Amalda donde las relaciones espaciales inversa e inversa cuadrada en Getis-Ord  $G_i^*$  no proporcionaron resultados significativos. Sin embargo, los resultados de Anselin Local Moran's I sí muestran significancia estadística (muy similar entre las relaciones espaciales). Esto se debe al hecho de que Anselin Local Moran's I trabaja con permutaciones, las cuales permiten, a partir de reorganizaciones aleatorias de los valores de vecindad alrededor de cada elemento y el cálculo del valor I de Moran local en cada permutación, aumentar las probabilidades de encontrar la distribución espacial real de los valores analizados. De esta forma, tras la aplicación de 99 permutaciones, el resultado permite contrastar las relaciones espaciales y su significancia estadística. Al comparar los resultados de Getis-Ord  $G_i^*$  con banda fija y los resultados de Anselin Local Moran's I se puede observar que las zonas de acumulación son muy similares.

La aplicación de la corrección FDR en los análisis Getis-Ord  $G_i^*$  y Anselin Local Moran's I ha generado, en algunos casos (como en Amalda y en Aranbaltza), distribuciones sin agrupaciones estadísticamente significativas, aun a pesar de que los análisis sin FDR sí detecten grupos o *hotspots* claramente significativos estadísticamente. La corrección FDR es un filtro que reduce los umbrales de error de los *p-values*, clasificando dichos valores según su significancia estadística y eliminando aquellos que son más débiles. De esta forma, se consigue una detección más sólida, pero también la eliminación de datos, quizá adecuados para el estudio. El hecho de que la corrección FDR elimine grupos, sí detectados por Getis-Ord  $G_i^*$  y Anselin Local Moran's I en una aplicación estándar, podría indicar que esos grupos realmente tienen una presencia débil y, por tanto, no son estadísticamente significativos. No obstante, este razonamiento queda refutado con el resto de análisis aplicados al conjunto del yacimiento que detectan un claro patrón agrupado de la distribución de restos y a la existencia de conjuntos estadísticamente significativos (ANN, Función K de Ripley, General G, Global Moran, etc.). De esta forma, se ha podido comprobar que el filtro FDR puede llegar a eliminar todas las agrupaciones, aun habiéndose comprobado por varias metodologías independientes la existencia de conjuntos estadísticamente significativos, por lo que su uso único puede ser cuestionable. Las herramientas de estadística inferencial que se han empleado para la identificación de las agrupaciones, como Getis-Ord  $G_i^*$  y Anselin Local Moran's I, proporcionan una clasificación del grado de solidez de los datos apoyándose en la estadística. De este modo, la aplicación de la corrección FDR puede ser útil, aunque su uso puede derivar en pérdida de información relevante. Este comportamiento de FDR puede venir dado por el tipo de extensión y la disposición de los elementos con los que se trabaja normalmente en arqueología. La aplicación de FDR en áreas más reducidas y acotadas puede simplificar los resultados en exceso, eliminando resultados

significativos. La aplicación de esta doble corrección (la ya aplicada con la herramienta de clasificación más la corrección FDR) puede ser demasiado estricta para la disposición de los elementos de estudio (puntos). En zonas más extensas, este parámetro puede ayudar a simplificar y ajustar más los resultados, pero en general en arqueología no se suelen dar extensiones grandes de terreno (a excepción, tal vez y en este caso de estudio, del yacimiento de Ambrona). En síntesis, y en base a estos resultados, la corrección FDR se puede usar como un indicador de qué agrupaciones son las más sólidas, pero sus resultados no pueden ser usados aisladamente para la identificación final de los grupos.

Una vez definidos los grupos, el siguiente paso es el estudio concreto de cada grupo y su disposición. Para ello, en esta Tesis se han aplicado varias técnicas para permitir analizar la forma, la composición y la fábrica de los grupos. La forma y la orientación de los grupos fue estudiada mediante la distribución direccional (o elipse de desviación estándar) de cada grupo, que permite conocer la asimetría y tendencia, en términos de orientación, de los grupos detectados. Estas técnicas, aún no usadas en arqueología espacial de yacimientos paleolíticos, sí que han sido utilizadas en el análisis de materiales arqueológicos, como por ejemplo para el estudio de la distribución de huellas de uso en materiales de percusión (De la Torre et al., 2013). De esta forma, la elipse de desviación estándar proporciona la elongación de las agrupaciones, su ángulo respecto al norte y su posición respecto al entorno, como, por ejemplo, la geometría de la cavidad o del yacimiento. El hecho de estudiar los patrones direccionales permite comprobar si los conjuntos se encuentran limitados por el espacio en el que se encuentran, ya sean las paredes de una cueva o los límites de una excavación; o si se trata de conjuntos cuya forma es independiente a estos factores. En caso de que el conjunto de materiales se distribuya en consonancia con las limitaciones del área de estudio, podría indicar que dicha acumulación se vio restringida en el momento de deposición, debido a que la dirección de flujo se encontraba condicionada por la geometría y las paredes de la cavidad. Por otra parte, hay otros factores que no tendrían que ser tan dependientes de dichos límites, ya que podrían generar acumulaciones aleatorias distribuidas en función de las necesidades o actividades desarrolladas en ese momento. Sin embargo, es posible que dichas acumulaciones también se encuentren hasta cierto punto limitadas, sobre todo si lo que se ha pretendido en su momento es dicha limitación, como la acumulación de materiales de desecho en puntos concretos del yacimiento (*dumping areas*) o el desarrollo de ciertas actividades al abrigo de bloques o pegadas a la pared (Leroi-Gourhan and Brézillon, 1972; Meignen, 1994; Martínez and Rando, 2001; Sañudo et al., 2012; Vaquero et al., 2012a, 2012b, 2015). En este caso, otras herramientas de estudio son muy útiles para discriminar ambos tipos de acumulaciones, ya sea aquellas que, por condicionantes naturales, se han distribuido según los límites del espacio, o aquellas acciones antrópicas en las que se han empleado elementos del entorno

para restringir las áreas de actividad (Leroi-Gourhan and Brézillon, 1972; Meignen, 1994; Sañudo et al., 2012), y por tanto la acumulación de materiales.

El estudio de los patrones de orientación y pendiente ha sido muy empleado en geología durante décadas (Benn, 1994), pero en los últimos años su aplicación en arqueología está surgiendo como una técnica relevante para interpretar los procesos postdeposicionales que ha alterado la posición original de los materiales, así como para inferir los procesos que han actuado en la formación del yacimiento (Bertran and Texier, 1995; Lenoble and Bertran, 2004; McPherron, 2005; Benito-Calvo et al., 2009; Benito-Calvo and De la Torre, 2011; Roy Sunyer et al., 2014; Sánchez-Romero et al., 2016). El procesado de los datos de orientación y pendiente puede llegar a ser muy laborioso, según la procedencia y cómo se hayan tomado los datos. Como se ha comentado en el apartado de Metodología, hay diferentes vías desde las que se pueden obtener los datos necesarios para el cálculo de las fábricas. Sin embargo, hay que tener en cuenta que no todos los datos proporcionan el mismo tipo de información. La opción de los dibujos o las fotografías es muy adecuada cuando se está tratando documentación de excavaciones antiguas, ya que es posible extraer gran información acerca de los tamaños y las orientaciones de los materiales excavados (Boschian and Saccà, 2010; Benito-Calvo and De la Torre, 2011; De la Torre and Benito-Calvo, 2013; Walter and Trauth, 2013; Sánchez-Romero et al., 2016). El gran problema de este tipo de datos es la falta de información de cota, la cual, además de ser fundamental para su adscripción estratigráfica, permitiría llevar a cabo el cálculo tridimensional de las fábricas. Este tipo de análisis permite conocer con gran detalle las características espaciales de las piezas en su conjunto, no solo el patrón de orientación o de pendiente por separado, sino la tendencia general del conjunto analizado. De esta forma, se correlacionan las variables de orientación y pendiente en el contexto general del yacimiento, unificando los datos analizados de las fábricas junto con las características propias del depósito al que están adscritos los materiales (Bertran and Texier, 1995; Lenoble and Bertran, 2004; Roy Sunyer et al., 2014; Benito-Calvo et al., 2009, 2011; Bernatchez, 2010; De la Torre and Wehr, 2018; De la Torre et al., 2018; McPherron, 2018). Actualmente, y afortunadamente, son muy pocas las excavaciones que no cuentan con una estación total, la cual permite un registro rápido y bastante exacto de la posición de los materiales (Dibble and McPherron, 1988; McPherron and Dibble, 2002; McPherron, 2005; McPherron et al., 2005; Méndez-Quintas, 2017). Sin embargo, sigue siendo bastante común encontrar excavaciones en las que, aun teniendo estación total, se registran los materiales con un punto en medio y poniendo los datos de orientación y pendiente según el criterio del excavador. El punto tomado en medio de la pieza es un coordenado fundamental para identificar y posicionar todas las piezas, y puede ser suficiente cuando la pieza es pequeña a la escala del estudio, pero puede ser un dato insuficiente en piezas de mayor tamaño, como bifaces o huesos. El cálculo de los ejes mayores de las piezas para calcular su orientación es

otra cuestión a tratar, ya que en ocasiones es muy complicada su identificación y no siempre es posible tomar los puntos que delimiten dicho eje. Por ello, es necesario marcar un criterio en la toma de datos que se mantenga constante y se respete durante todo el registro de materiales. La combinación de la toma de datos con estación total junto con la realización de dibujos es una buena opción de cara a la realización de un registro rápido y bastante completo de los materiales excavados (Dibble and McPherron, 1988; McPherron and Dibble, 2002; McPherron, 2005). El uso de clinómetro y brújula es también una opción muy válida, ya que es rápida y ahorra al investigador tener que llevar a cabo los cálculos trigonométricos para obtener los datos de pendiente y orientación según las coordenadas de la estación total (Bertran and Texier, 1995; Lenoble and Bertran, 2004; Benito-Calvo et al., 2009, 2011; Bernatchez, 2010; De la Torre and Wehr, 2018; Giusti et al., 2018, *inter alia*). Con estos datos tan directos cabría cuestionarse el uso del dibujo en la excavación, ya que no serían necesarios de cara al cálculo de los ejes de orientación. Sin embargo, y volviendo a la cuestión del tamaño de los materiales, los dibujos permiten conocer la dimensión de las piezas analizadas cuando se proyectan en planta, de forma que si se tiene un volumen aproximado se podrá llevar a cabo un análisis espacial mucho más ajustado que si se tienen solo puntos. En el caso de yacimientos como Ambrona, si se hubieran tenido solo los puntos en medio de los huesos, la percepción del yacimiento sería muy diferente a la que se tiene actualmente, ya que tan solo se verían muchos puntos dispersos por el yacimiento. Sin embargo, la realidad es otra y los materiales se encuentran muy agrupados según qué zonas, e incluso solapados (algo que con un punto no podría percibirse). De esta forma, el cálculo de densidad, por poner un ejemplo sencillo y fácilmente reproducible, según los datos de puntos habría sido muy diferente a los datos obtenidos según las dimensiones reales de los materiales excavados. La diferencia no sería solo notable en las proyecciones en planta, sino también cuando se realizaran estudios de arqueostratigrafía. En estos estudios se pretende conocer la existencia de hiatos (o espacios continuos de ausencia de material) que separen diferentes momentos de ocupación o de aporte de material en un mismo depósito sedimentario (Canals et al., 2003; Sánchez-Romero, 2012; Sañudo et al., 2012, 2016; Bargalló et al., 2016; Martínez-Moreno et al., 2016; Sánchez-Romero et al., 2017; Díez-Martín et al., 2017; Mora et al., 2018). Normalmente, este tipo de análisis se hacen con puntos, pero es necesario tener en cuenta las dimensiones de los materiales, ya que se pueden encontrar vacíos en las proyecciones que en realidad corresponden a materiales de mayor tamaño, como huesos o incluso bloques. El estudio de los patrones de orientación a partir del análisis de diferentes ejes (D, MBR y PMA) (Benito-Calvo and De la Torre, 2011; De la Torre and Benito-Calvo, 2013; Sánchez-Romero et al., 2016) ha resultado una herramienta muy útil para conocer los procesos responsables de la acumulación o dispersión de materiales. Estos patrones ayudan a interpretar y entender el grado de alteración por agentes postdeposicionales que han podido actuar sobre los conjuntos de restos (Lenoble and Bertran, 2004; Benito-Calvo et al., 2009;

Boschian and Saccà, 2010; De la Torre and Benito-Calvo, 2013; Walter and Trauth, 2013; García-Moreno et al., 2016; Sánchez-Romero et al., 2016; McPherron, 2018). Los test aplicados permiten comparar el tipo de distribuciones obtenidas, ya que un único test no aporta toda la información necesaria para la interpretación de los datos obtenidos a partir de la proyección de los datos de orientación. Además de estos test para diferenciar las distribuciones uniformes (isótropas) de las no uniformes (unimodales, bimodales o multimodales), se han tenido en cuenta otros parámetros que permiten la caracterización de los modelos multimodales, como la media del vector principal, la desviación estándar circular ( $v$ ), la magnitud del vector ( $L$ ) y la concentración ( $k$ ). Todos estos índices permiten contrastar los resultados obtenidos con los test y la representación gráfica de la orientación de los materiales, ya que no siempre los materiales muestran un patrón claramente orientado o aleatorio (Benito-Calvo et al., 2009, 2011; Benito-Calvo and De la Torre, 2011; De la Torre and Benito-Calvo, 2013; Sánchez-Romero et al., 2016). El análisis de todos los parámetros permite afinar mucho más los resultados, caracterizando de manera bastante precisa los patrones de orientación y, por tanto, los agentes o procesos que han podido actuar en la distribución de los materiales registrados. Estos resultados, en combinación con los datos de pendiente, permiten un análisis 3D de las fábricas y conocer si la posición de los materiales se encuentra en relación con el depósito sobre el que están depositados o es independiente. De esta forma, se puede medir si la orientación y la pendiente de los materiales son dependientes o se encuentran influidas por la propia dinámica del sustrato, a partir de los datos acimutales ( $0-360^\circ$ ) y los grados de pendiente asociados. El triángulo tridimensional de las fábricas permite conocer si los materiales muestran un patrón caótico, con orientaciones y pendientes muy variables, e incluso materiales verticales, o si se trata de distribuciones planares o lineales. En estos dos últimos casos, la pendiente es regular, pero la orientación es el parámetro que indica si ha habido algún proceso que haya reorganizado los materiales. En el caso de las fábricas planares, los materiales se encuentran en una pendiente plana y con orientaciones variables. Sin embargo, la fábrica lineal muestra una pendiente también regular pero con los materiales reorganizados, compartiendo un mismo patrón de orientación. Los conjuntos analizados en este trabajo pertenecen a Aranbaltza II, el único yacimiento del que se disponía de este tipo de información. En este caso, se han obtenido fábricas muy variadas, las cuales muestran bastante coherencia respecto al tipo de proceso responsable de la acumulación de restos.

La aplicación de las diferentes y variadas herramientas y métodos de análisis ha permitido conocer las ventajas y limitaciones de cada una de ellas, así como su aplicabilidad en función del tipo de datos. En este trabajo, además de querer dar respuesta a las cuestiones planteadas por los yacimientos, se ha pretendido profundizar en las distintas vías para la realización de un análisis espacial completo. En este sentido, se ha podido contrastar un protocolo metodológico que

permita conocer los procesos de formación del yacimiento, la identificación de patrones de comportamiento y estructuración del espacio, así como el grado de alteración que hayan podido experimentar los materiales.

## **5.2. Discusión de resultados**

### **5.2.1. Ambrona**

El método de análisis presentado en este trabajo, basado principalmente en análisis geoestadísticos y sistemas de información geográfica, ha permitido obtener información muy detallada de los patrones de dispersión de los materiales arqueopaleontológicos. Estos trabajos están sintetizados en el artículo de Sánchez-Romero et al. (2016), que forma parte de la investigación que se ha realizado en esta Tesis Doctoral. El método ha permitido la integración de los datos procedentes de excavaciones antiguas junto con el resto de datos obtenidos con métodos más modernos de registro, así como su tratamiento para ser analizados de manera conjunta. Por otra parte, el hecho de conocer las zonas de mayor elevación o depresión del terreno, ha permitido inferir si las zonas de mayor concentración de materiales pueden interpretarse como acumulación por factores naturales o si, por el contrario, puede deberse a otros factores como la actividad antrópica. En el caso de Ambrona, se puede ver cómo según la localización espacial de los conjuntos de materiales hay una mayor o menor conservación de los huesos, así como el grado de afectación por procesos postdeposicionales.

Los mapas de densidad obtenidos tras la aplicación de los análisis de densidad kernel en la dispersión de materiales de Ambrona muestran coincidencias parciales entre las principales concentraciones de fauna e industria lítica (Figs. 4.1.8 y 4.1.9). Esta última es aún más evidente en las áreas definidas por las concentraciones CNamb, C2, C4 y, en menor medida, C1. Tal y como se observa en las proyecciones Getis-Ord  $G_i^*$  (Fig. 4.1.13A), la localización de las principales concentraciones se encuentran resaltadas por puntos *hotspot*, los cuales son coincidentes con los datos proporcionados por los mapas de densidad.

Los datos obtenidos a partir del estudio realizado con las secciones estratigráficas del equipo H&F y la reconstrucción paleogeográfica elaborada a partir de las secciones estratigráficas generadas durante las campañas de los años 90 y 2000 por el equipo S&PG, han permitido observar que la orilla de la laguna coincide plenamente con las zonas donde se dan las mayores concentraciones de material, tanto de industria lítica como de restos de fauna. Los límites de la laguna quedan bastante bien delimitados por las agrupaciones de restos, tanto al este y oeste como al norte. Debido a las características morfológicas del yacimiento, y a que la definición de las litofacies es más compleja en los márgenes, en la zona sur no están tan bien controlados los límites de las diferentes unidades (Pérez-González et al., 2005; Sánchez-Romero et al., 2016; Santonja et al., 2017). La definición de los límites de la laguna a través de las facies coincide con el patrón de distribución de los restos, indicando que dicha distribución tuvo una relación directa con los medios sedimentarios y la paleogeografía de la laguna (Fig. 4.1.13). Sin embargo, en otras zonas del yacimiento las concentraciones de restos líticos y fauna no

coinciden, tal y como ocurre con la concentración Alpha. Esta no-coincidencia entre ambas concentraciones está correlacionada con las propias características de la unidad estratigráfica, así como con la posición paleogeográfica en la que fueron encontrados (Sánchez-Romero et al., 2016). La concentración Alpha se encuentra localizada en la parte central de la unidad AS3, donde muy pocos restos líticos han sido recuperados. Uno de los aspectos más característicos es que la industria lítica se encuentra alrededor, más que dentro, de la concentración principal de AS3. En cambio, los restos líticos son mucho más abundantes en la unidad AS4, así como en las zonas periféricas de AS3. Esta distribución se puede deber a: 1) el desarrollo de actividad humana en el borde de la laguna (donde se han encontrado restos líticos); o 2) los procesos naturales (*overland flow* –crecidas, flujos-, fluctuaciones del nivel del agua, olas) han concentrado los restos en esas zonas (Sánchez-Romero et al., 2016). Estas dos posibilidades han sido valoradas por los datos obtenidos a partir de los análisis de orientación de los restos de Ambrona.

La mayoría de las concentraciones descritas se encuentran definidas por un claro patrón de orientación preferente. Los conjuntos CNAmb, TG, MiS, C1, C3 y C4 muestran orientaciones preferenciales, las cuales son estadísticamente muy significativas y están dominadas mayoritariamente por distribuciones unimodales. Estos datos sugieren que ciertos procesos naturales debieron intervenir en la orientación de los restos depositados. Por otra parte, la distribución uniforme no puede ser rechazada para las concentraciones C5, C2 y Alpha, puesto que se trata de acumulaciones aleatorias en las que no se puede aducir la acción de procesos naturales a partir de los datos de orientación. Asimismo, la distribución de las orientaciones muestra patrones espaciales que dependen de la zona del yacimiento (Fig. 5.1.1). Los patrones que muestran una tendencia predominante E-W se encuentran localizados en la parte este del yacimiento y pertenecen a la unidad AS3 (MiS, C1, C3 y TG). Por otra parte, los diagramas de Alpha y C2 son similares a este primer grupo, aunque los test estadísticos no confirman la orientación preferencial. Por último, un tercer grupo de patrón de orientación está localizado hacia la parte norte del yacimiento, donde se pueden ver tendencias NNE-SSW, NW-SE y, en menor medida, E-W (C4 y C5 en la unidad AS5). La concentración CNAmb pertenecería a este tercer grupo, aun encontrándose en una diferente unidad estratigráfica (AS4) y caracterizarse por un patrón N-S. Este patrón difiere de aquellos en los otros histogramas, pero puede parecerse a los de las concentraciones C5 y C4 en la unidad AS5.

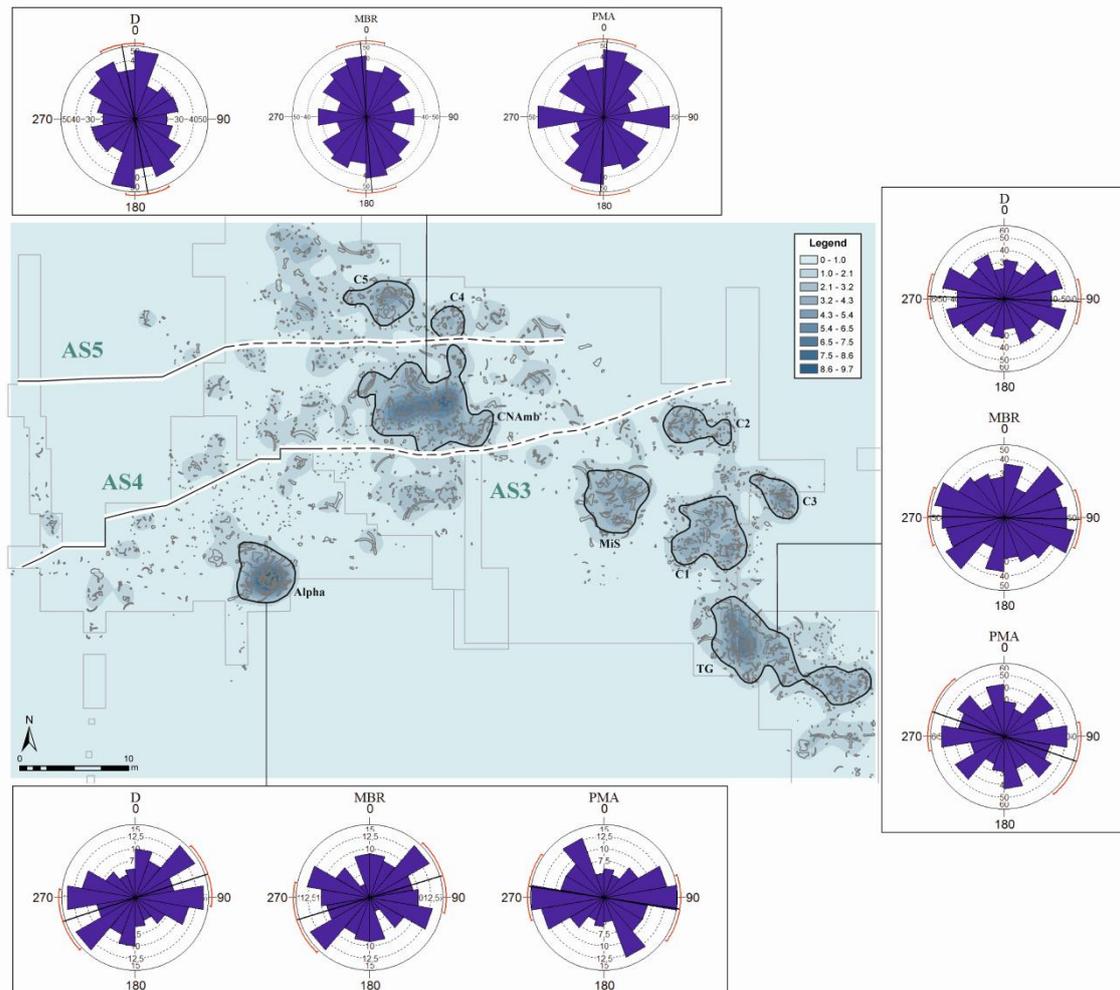


Figura 5.1.1: Rosetas de las principales concentraciones de fauna donde se puede apreciar el patrón de orientación (según D –*polygon diameter*-, MBR –*minimum bounding rectangle*- y PMA –*polygon main angle*-) de cada uno de los conjuntos y su tendencia en función de su posición en el yacimiento (Sánchez-Romero et al., 2016).

Figure 5.1.1: Circular diagrams of the main concentrations of faunal remains where it is possible to appreciate the orientation pattern (D –*polygon diameter*-, MBR –*minimum bounding rectangle*- y PMA –*polygon main angle*-) of each cluster and the trend of the assemblages according to their spatial location at the site (Sánchez-Romero et al., 2016).

La asociación entre los patrones de orientación y las unidades estratigráficas apunta hacia una correlación entre los procesos de acumulación causantes de las concentraciones y las características sedimentológicas de las unidades. De esta forma, los patrones de orientación pueden clasificarse en tres grupos, los cuales reflejan las diferentes unidades estratigráficas y las entradas (Sánchez-Romero et al., 2016):

- Grupo 1: Compuesto por las concentraciones localizadas hacia el norte del yacimiento. Estos conjuntos se encuentran definidos por direcciones principalmente NNE-SSW y NW-SE, las cuales pudieron ser resultado de los flujos de entrada procedentes del valle que alimentaba la charca de Ambrona desde el noreste (Pérez-González et al., 2005). Los flujos

procedentes de esta dirección habrían determinado una orientación NE-SW de los restos (es decir, paralelos al flujo), o una orientación NW-SE en caso de que los restos elongados hubieran rodado sobre la superficie y parado perpendicularmente a la dirección del flujo (Benito-Calvo and De la Torre, 2011). Esto explicaría la direccionalidad de los componentes principales de los patrones de orientación observados en las concentraciones C4 y C5 de la unidad AS5, compuesta por facies que indican la presencia de agua y flujos de fangos. Todos estos datos sugieren que las entradas de agua hacia esta parte del yacimiento proceden del valle situado al noreste del yacimiento.

- Grupo 2: Las características de este grupo han sido observadas en la concentración CNAmb, la cual está adscrita a la unidad AS4. Este conjunto muestra una principal moda direccional N-S que sugiere dos posibles orígenes: 1) flujos de entrada (*inflows*) procedentes del valle NW, con pequeñas variaciones en la dirección del canal debido a la posible naturaleza sinuosa de los arroyos; o 2) flujos de entrada del valle del este. En este último caso, la mayoría de los restos deberían haber rodado perpendicularmente al flujo, mientras que algunos habrían “asumido” una orientación E-W paralela al flujo, tal y como parecen mostrar los diagramas MBR y PMA. En base a la observación estratigráfica de esta unidad, en las zonas donde los canales fangosos han sido documentados con una dirección NE y la unidad AS4 contiene depósitos areno-arcillosos y cantos (Pérez-González et al., 2005), la primera de las opciones parece la más posible. Desde un punto de vista espacial, las concentraciones orientadas se encuentran principalmente localizadas a lo largo de los bordes del yacimiento, lo más cerca a los valles laterales.
- Grupo 3: Compuesto por las concentraciones encontradas en AS3, las cuales muestran una tendencia direccional E-W. Esta dirección coincide con el flujo de entrada del otro valle principal que alimenta el área pantanosa de Ambrona (Pérez-González et al., 2005), el cual fluye en dirección este-oeste. De esta forma, la orientación de estas concentraciones de fauna ha sido resultado de flujos E-W procedentes principalmente de este valle. Sin embargo, en la unidad AS3 no han sido documentadas evidencias significativas que muestren la existencia de facies de corrientes de agua ni de canales fangosos. Solo han sido observadas facies de pequeños canales, los cuales han sido señalados como los responsables que han transportado los restos líticos desde alrededor hacia el interior de la charca (Santonja et al., 2017). Los procesos de orientación pudieron haber sido inducidos por estos canales, aunque la orientación de los huesos pudo haberse originado en un *intrabasin environment* (esto es, dentro de la charca), donde las olas y las variaciones del nivel del agua habrían evitado que las facies de corrientes de agua entraran en la charca.

En cuanto a las concentraciones con orientación aleatoria, C5 y C2 se encuentran rodeadas por conjuntos orientados, por lo que su interpretación es ambigua, pudiendo deberse a elementos no afectados por flujos, o a flujos sin capacidad de ordenación de los restos. Sin embargo, la concentración Alpha está aislada de otros conjuntos que sí muestran orientación preferencial. Además, esta concentración se encuentra localizada en la parte central del yacimiento, donde las facies de AS3 fueron identificadas y descritas como facies internas de laguna (Pérez-González et al., 2005); representando por tanto una zona que probablemente habría sido menos afectada por los flujos de entrada (*inflows*) de los valles circundantes. De esta forma, la ausencia de orientaciones preferenciales sugiere que dicha concentración no fue retrabajada o afectada por procesos geomorfológicos de erosión y/o transporte.

Esta idea también parece ser confirmada por los estudios tafonómicos llevados a cabo sobre la concentración Alpha, los cuales describen que algunos de los huesos se encontraban en posición anatómica y otros en proximidad anatómica (Villa et al., 2005). En estos estudios tafonómicos, se apunta a que la posición de seis costillas y una vértebra torácica sugieren que han sido desplazadas localmente, debido a la plasticidad de la arcilla donde se encuentran depositados estos restos. Además, los animales no parecen haber provocado grandes cambios en la posición de los huesos (por *trampling*, carroñeo, etc.), ya que se ha encontrado un gran número de vértebras y costillas. Estos huesos son los más frágiles, pudiendo llegar a ser irreconocibles si se han visto sometidos a intensos procesos de *trampling*. Además, en entornos fangosos o pantanosos, los procesos continuos de *trampling* habrían provocado un rápido enterramiento de las costillas y las vértebras (Haynes et al., 2005). En el caso de la concentración Alpha no se han encontrado diferencias en la posición de estos restos, encontrándose incluso bastante planos. Las posiciones de otros huesos (escápulas, defensas, etc.) sugieren que su desplazamiento pudo haberse producido por *trampling* de baja intensidad y manipulación por parte de otros elefantes (Villa et al., 2005). La alteración provocada por la acción de los elefantes es de sobra conocida. En otras localizaciones, se ha descrito que el propio peso de estos animales, al pisar sobre sedimento compuesto por arena, puede provocar que dicha fricción de los granos contra las superficies de los huesos, provoque marcas que pueden ser confundidas con marcas de aprovechamiento por parte de humanos (Haynes, 2012). Además de estas marcas, también se pueden encontrar evidencias de abrasión y fracturas que pueden ser confusas pero que en realidad responden al pateo de los elefantes al pasar (Douglas-Hamilton and Douglas-Hamilton, 1975; Haynes, 2012).

En el caso de la concentración Alpha, los huesos se encuentran fisurados, lo que parece apuntar a condiciones de alternancia de episodios húmedos y secos que causaron la expansión y contracción del entorno donde estos huesos se encontraban depositados (Villa et al., 2005). Además de la posible acción de otros

elefantes, es posible que las variaciones del nivel del agua de la laguna y la entrada de pequeños flujos permitieran que gran parte del esqueleto de Alpha se encuentre acumulado en un mismo punto, pero no en conexión, sino con los huesos desplazados. Asimismo, los estudios llevados a cabo con la industria lítica apuntan a que esos pequeños flujos de entrada pudieron ser los responsables de la presencia de restos de lítica en esta zona del yacimiento (Sánchez-Romero et al., 2016; Santonja et al., 2017).

De este modo, los datos tafonómicos descritos presentan una concordancia con los patrones de orientación y los datos sedimentológicos donde se encuentra la concentración Alpha. Los patrones de orientación muestran que no hay una dirección preferencial, por lo que dicho conjunto no pudo haberse encontrado expuesto a procesos de erosión y transporte selectivo durante el tiempo suficiente (Sánchez-Romero et al., 2016). Además, tal y como se puede ver en las plantas de dispersión (Fig. 4.1.8), los materiales de AS3 quedan relegados al borde de la zona pantanosa, a excepción de la concentración Alpha que queda en una zona más interior, donde los flujos de alimentación de la laguna sería menos operativos. Al encontrarse en una zona interna de la charca, la conservación de Alpha se habría visto favorecida por la rápida sedimentación de la charca, lo que explicaría que el elefante se encuentre prácticamente completo (Villa et al., 2005).

En otras posiciones paleogeográficas de la laguna, la disposición espacial y la conservación tafonómica cambian. Como ejemplo, la concentración MiS, también de la unidad AS3, muestra signos de haberse encontrado expuesta durante un periodo de tiempo más largo que Alpha. Los estudios tafonómicos determinaron que en MiS había representados 4 ó 5 individuos, pero sólo se encontraron 42 huesos. Estos datos apuntan a que ciertos procesos pudieron afectar a este conjunto. Su posición paleotopográfica más elevada (Ver Anexo II) no habría ayudado en la preservación de los huesos, de forma que habrían quedado más expuestos a la meteorización (viento, lluvia, etc.). Estudios tafonómicos preliminares llevados a cabo con los huesos de esta concentración sugieren que el agua pudo haber sido el agente que habría determinado la orientación de los huesos (Santonja et al., 1994, 1995), mientras que otros procesos (como desplazamientos por paleosuelo) habrían provocado que los huesos rodaran. Una de las defensas se encuentra fracturada y desplazada debido a la deformación del paleosuelo; se puede apreciar cómo el depósito sobre el que se encuentra depositada también se ve afectado por una pequeña falla (Fig. 5.1.2). Otro dato muy interesante es que los huesos de esta concentración se encuentran inclinados unos 40 cm hacia el norte (Santonja et al., 1994, 1995). De esta forma, los datos tafonómicos respaldan los resultados obtenidos a partir del análisis de los patrones de orientación de los huesos, confirmando que las concentraciones de AS3 con orientaciones preferenciales, como MiS, estuvieron más afectadas por factores postdeposicionales que aquellas concentraciones que no muestran ningún

tipo de patrón preferencial de orientación, como el conjunto de Alpha (Sánchez-Romero et al., 2016).



Figura 5.1.2: A) Defensa del Museo *in situ* donde se puede apreciar la fractura resultante de la falla que afecta al depósito donde se encuentra. B) Fractura y desplazamiento provocado por la deformación del depósito.

*Figure 5.1.2: A) Tusk from the Museum in situ where it is possible to observe the fracture due to the fail that affects the deposit. B) Fracture and displacement of the tusk caused by the deformation of the deposit.*

Por otra parte, el análisis realizado para evaluar la consistencia de los datos acerca de los patrones de orientación de Alpha y CNAmb indica que los patrones mostrados por ambas concentraciones son consistentes independientemente de las formas y tamaños de los restos. En aquellos conjuntos donde se observa una orientación preferencial de los restos, el estudio que aquí se presenta sugiere que los procesos que provocaron dicha reorientación debieron ser lo suficientemente potentes como para orientar los elementos grandes, algunos de ellos de hasta 3 m de largo (Sánchez-Romero et al., 2016).

Los procesos naturales parecen haber sido un elemento determinante en la actual organización espacial de los restos. Otro dato que indica estos efectos es la distribución de los materiales. De esta forma, a través de la integración de las nuevas planimetrías y la correlación entre las secciones estratigráficas, se ha podido observar que el nivel que contiene la mayor cantidad de restos líticos corresponde a las facies detríticas de la unidad AS4; mientras que las facies de decantación (arcillas), como las de la unidad AS3, contienen muy pocos restos de industria. Este patrón de distribución de restos también es aplicable a los restos de fauna. Asimismo, los mapas muestran que hay una cierta clasificación de elementos por áreas, ya que en algunas zonas hay una predominancia de restos de tamaño más reducido, mientras que otras contienen huesos más largos y grandes. Como ejemplo, se observa que en el conjunto CNAmb hay una gran acumulación de restos de pequeño tamaño, cuyo patrón apunta hacia la existencia de orientaciones preferenciales de los huesos (Sánchez-Romero et al., 2016). Estos datos son consistentes con las características de las facies detríticas con presencia de canales fangosos de la unidad AS4 (Pérez-González et al., 2005).

En cuanto a la unidad AS5, se trata de un depósito cuyo contenido de material arqueopaleontológico es mucho más reducido en comparación con las otras unidades, aunque han sido documentados restos de fauna e industria lítica. En las secciones del equipo H&F han sido identificados restos de *Palaeoloxodon antiquus* (defensas), así como en las secciones correspondientes a las zonas excavadas por el equipo S&PG. Durante las excavaciones de los años 90 al 2000 apenas fueron encontrados restos, ya que la mayoría de los niveles ya habían sido excavados por el equipo H&F. Es posible que los restos actualmente asociados a AS5 hubieran sido en realidad retrabajados de las unidades AS4 o AS1 subyacentes (dependiendo de la posición, ya que hay puntos donde AS5 apoya directamente sobre AS1) (Sánchez-Romero et al., 2016). Las características del depósito, el número total de restos excavados y sus atributos, así como los patrones de orientación identificados indican que el depósito no era rico, pero tampoco era estéril como en un principio se pensaba. Actualmente, no se puede determinar si los restos encontrados en AS5 fueron retrabajados de los niveles subyacentes o fueron transportados al yacimiento por los flujos de entrada de la cuenca localizada al norte de Ambrona.

La integración de la documentación recuperada en el HERC también ha permitido realizar precisiones iniciales sobre el Miembro Medio, facilitando datos para correlacionar las estratigrafías y definir la extensión del nivel J (unidad AS6), donde se encuentran la mayoría de restos líticos encontrados en el Sector Este de Ambrona. Además de aportar nuevos datos sobre el desarrollo de las unidades AS1 y AS3 (junto con su contenido de restos de fauna) hacia el norte y este de Ambrona. No obstante, todos estos datos aún están por procesar e interpretar en esta zona menos conocido del yacimiento.

La unificación de la documentación y los datos disponibles para el yacimiento de Ambrona han permitido llevar a cabo un estudio espacial completo de todos los materiales excavados en el Miembro Inferior. Las correlaciones estratigráficas, los análisis de densidad y de patrones de orientación han resultado fundamentales para conocer los procesos de formación del yacimiento, así como los factores que han generado las acumulaciones principales identificadas en Ambrona. Asimismo, se ha podido comprobar que la reconstrucción paleogeográfica de cada uno de los niveles ha proporcionado información muy relevante para la comprensión del estado de conservación de algunos de los conjuntos más significativos del yacimiento.

### **5.2.2. Amalda**

El análisis espacial del yacimiento de Amalda se ha centrado en el nivel VII (musteriense), el cual representa el registro arqueopaleontológico más completo. Este nivel fue excavado en la década de los años 80 (Altuna, 1990) y posteriormente investigado por varios autores (Yravedra, 2006, 2007; Rios-Garaizar, 2010, 2012a) (ver apartado de Yacimientos), generando una base de datos que ha permitido abordar los análisis de reconstrucción paleotopográfica y de distribución espacial y análisis de agrupaciones (capítulo de Resultados). Estos datos han proporcionado una valiosa información para interpretar los procesos que han intervenido en la formación del yacimiento.

La reconstrucción paleotopográfica de la base del nivel VII de Amalda ha permitido inferir la superficie sobre la que se depositaron los materiales arqueopaleontológicos. La información obtenida a partir de la interpolación de los puntos situados en la base del nivel con coordenadas reales tomadas en campo, ha desvelado la existencia de zonas más elevadas hacia el interior de la cavidad y zonas más bajas hacia la entrada (Figs. 4.2.1 y 4.2.2). Para analizar las posibles causas de este paleorrelieve, se estuvieron revisando las fotos realizadas durante las primeras campañas de excavación de los años 70-80 y se observó la existencia de un gran bloque en la zona de la entrada, el cual planteó la posibilidad de que dicha depresión que se encuentra en la zona más exterior del área de estudio pudiera estar provocada por la caída del bloque. La combinación de fotos antiguas de la excavación, la planta de excavación de Amalda y el modelo 3D ha permitido situar de manera aproximada dicho bloque (Fig. 4.2.3). Este cruce de datos muestra que el bloque se encuentra en una zona más exterior del área de estudio, coincidiendo con una zona de la cueva donde la visera se ha desmantelado.

La importancia de conocer la situación de este bloque radica en si la depresión que se observa en la paleotopografía del nivel VII corresponde a una evolución natural del nivel o si ha sido provocada por la deformación por la caída del bloque. Como ya se ha comentado, el bloque que se observa en la fotografía publicada en la monografía no parece corresponder con la zona donde se da la depresión del nivel VII, sino que queda en una posición más exterior. Sin embargo, en el perfil publicado en la monografía (Fig. 5.2.1) se observa que hay varios bloques, uno de ellos en una zona más interior. Teniendo en cuenta la posición del bloque que se ha podido situar gracias a las fotos, la planta y el modelo 3D, es posible que el bloque que queda en la banda 7 sí pueda coincidir con la zona de la depresión de la paleotopografía. Sin embargo, y como se ha visto con los análisis *hotspots*, es en esta zona donde se dan los restos de mayor tamaño, por lo que el material encontrado en esta posición no muestra indicios de aplastamiento por caída de bloques.

Con la información disponible no es posible saber si los bloques dibujados en el perfil corresponden a un mismo bloque que se haya roto en varios trozos o si se

trata de la caída de varios bloques en esa zona del yacimiento. Por otra parte, en otras zonas del yacimiento se habla de *microdiapiros*, lo cual, considerando que no hay ninguna deformación evaporítica, podría interpretarse como deformaciones por plasticidad, probablemente debidas a carga. En este caso, no se han descrito deformaciones por carga e hidroplasticidad provocada por la caída de bloques, aun conociendo y sabiendo identificar este proceso. Además, es importante tener en cuenta que las dimensiones del bloque no son tan grandes como para generar una deformación como la que se observa (1 m aproximadamente, según las dimensiones que se pueden ver en la sección publicada). De esta forma, no se tienen argumentos suficientes como afirmar que la depresión que se encuentra en esta zona del yacimiento se deba a la presencia de dicho bloque.

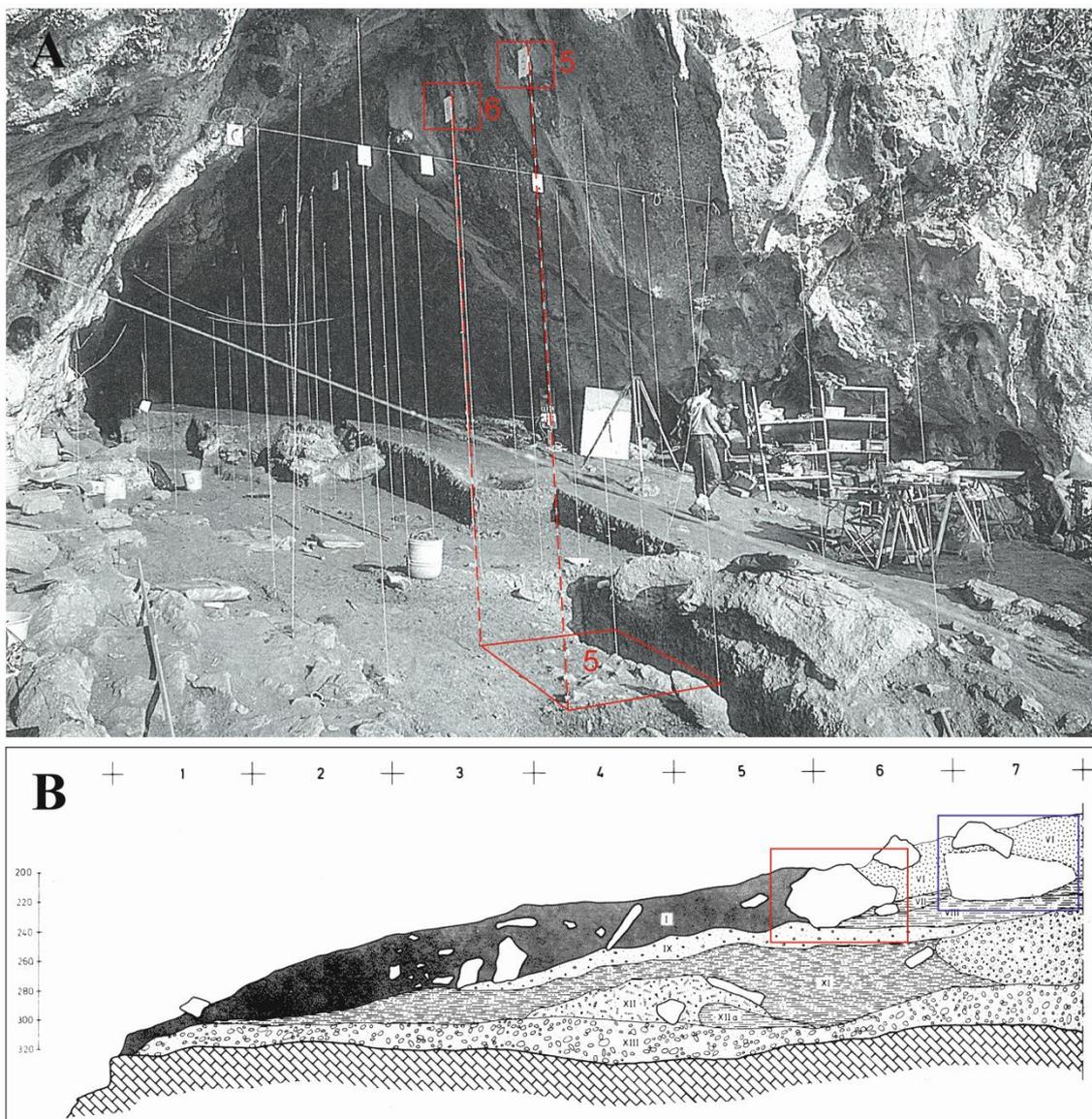


Figura 5.2.1: Comparativa entre la foto de la entrada de la cueva de Amalda (A) con el perfil E/F de la trinchera abierta en la zona de la entrada de la cavidad (entre los cuadros 1F y 8E) (B) (Altuna, 1990). El recuadro rojo indica el bloque que se puede ver en la foto A; el recuadro azul indica el bloque que no se ve, pero que se encuentra en una posición más interior.

*Figure 5.2.1: Comparison between the photograph of the entrance of the cave (A) and the E/F stratigraphic profile of the trench opened towards to the entrance of the cave (among the squares 1F and 8E) (B) (Altuna, 1990). The red box indicates the block that it is possible to see in the photo-A; the blue box indicates the block that it is not possible to see, but that it seems to be located in an inner location.*

Asimismo, en caso de que la depresión que se observa se deba a un efecto de carga por la caída del bloque, la deposición del nivel VII habría sido anterior a la caída y los restos que se encuentran en esta zona deprimida habrían quedado depositados antes de que el bloque cayera. Además, es posible que la caída del bloque hubiera provocado una fragmentación de los huesos y es en este punto donde se encuentra situado un conjunto *hotspot*, que indica un tamaño medio de longitud de los huesos de unos 58 mm (Fig. 4.2.12, Tabla 4.2.3). Podría darse el caso de que el depósito donde se encuentran los huesos fuera tan plástico como para que los huesos quedaran hundidos en el sustrato sin verse afectados por la caída del bloque, pero las características del nivel VII no indican tal plasticidad, propia de arcillas, sino que se trata de un depósito mayormente limoso.

En la descripción que se da del nivel VII, se destaca la presencia de grandes bloques (Altuna et al., 1990) en la zona correspondiente a las bandas 9 y 10, algo que se pudo corroborar en la zona que se excavó durante la campaña llevada a cabo en 2017 por el actual equipo de investigación. Hacia el norte del área excavada durante esta campaña, se pudo observar la existencia de un gran bloque bastante alterado y fragmentado, del cual no se pudo ver con exactitud el nivel sobre el que apoya. El hecho de que en su momento se resaltara la presencia de grandes bloques en el nivel VII, puede deberse al desmantelamiento de parte del techo de la cavidad como consecuencia de un episodio de enfriamiento del clima, tal y como se indica en uno de los apartados de la monografía de Amalda (Areso et al. en Altuna et al., 1990). De esta forma, y atendiendo a las descripciones que se hacen del nivel VII, los bloques en cuestión no parecen estar correlacionados con la formación del depósito del nivel VII, en sentido de haber alterado y deformado el nivel, sino que habría sido resultado de la caída de la visera de la cueva durante un episodio de cambios en el clima. Tampoco parece tratarse de un bloque empleado como protección, tal y como se ha sugerido para otros yacimientos (Leroi-Gourhan and Brézillon, 1972; Meignen, 1994; Sañudo et al., 2012), donde se plantea la posibilidad el uso de grandes bloques como protección natural e incluso como elementos naturales estructuradores del espacio. En el caso de Amalda, no evidencias suficientes que apunten hacia esta posibilidad, ya que las zonas de máxima acumulación de restos se encuentran en el lado opuesto al bloque.

La reconstrucción de la paleotopografía del nivel VII ha desvelado el posible relieve sobre el que se habrían depositado los materiales. En línea recta, hay una distancia de más de 18 m (18,30 m) desde el punto más interior hasta el más exterior del área reconstruida; esto supone una extensión de unos 122,51 m<sup>2</sup>. Como ya se he mencionado con anterioridad, la zona más elevada se encuentra

hacia el interior, descendiendo progresivamente en una pendiente suave hacia la parte más exterior. En los perfiles publicados en la monografía de 1990 (Altuna et al., 1990) se puede apreciar de manera muy clara cómo hacia el exterior la pendiente aumenta (Fig. 2.2.5). La reconstrucción paleogeográfica del nivel VII permite observar cómo la pendiente desciende suavemente, aunque con pequeñas zonas intermedias en las que parece haber una regularización del relieve. Hacia la parte más exterior se observa un descenso más acusado, así como una depresión muy evidente hacia el este del área de estudio.

Esta morfología podría haber quedado determinada por el nivel fluvial (nivel IX), sobre el que se han ido depositando los niveles con material arqueológico. De esta forma, la reactivación de la cueva habría podido provocar un lavado de los niveles internos de arcillas que actualmente encontraríamos depositados en la zona de la entrada por debajo del nivel IX. De hecho, los niveles IX a XII son descritos en Altuna et al. (1990) como muy similares en composición y litología, únicamente encontrándose variaciones en el calibre. En el caso del nivel XI, se trata de una capa arcillosa, de color rojizo y de potencia irregular, sin cantos, que se acuña hacia el exterior (Altuna et al., 1990). Debido a que en los sondeos interiores solo se ha llegado hasta el nivel VIII, no es posible comprobar si los niveles inferiores descritos en la parte más exterior también se encuentran en la parte interior. La descripción del nivel XI podría corresponderse con un suelo de cueva arcilloso que, debido a la reactivación del karst, fue lavado y trasladado hacia el exterior de la cavidad. En la descripción que se da en la monografía de Amalda (Altuna, 1990), se describe el nivel XI como un nivel desigual de *arcilla rojiza plástica limpia* (Altuna, 1990:19) y en los perfiles se puede observar que se encuentra en una zona bastante exterior, comprendida entre las bandas 6 a la 1. El hecho de que aparentemente, y siempre según la descripción dada en la monografía, el nivel XI se encuentre entre otros depósitos de carácter fluvial podría dar consistencia a esta idea de que hubo un arrastre desde el interior hacia el exterior de la cavidad. Este hecho habría marcado la paleotopografía por procesos erosivos, es decir: el relieve habría quedado marcado entre la deposición del nivel fluvial y los niveles de baja energía que contienen material arqueológico, los cuales se habrían ido depositando encima a favor de dicho paleorrelieve. Los niveles que se encuentran por encima del nivel IX son principalmente limo-arcillosos, sin evidencias de energía significativa (como arenas y/o gravas) y con un espesor muy pequeño.

Aun existiendo una paleotopografía que podría haber condicionado la acumulación del material por procesos naturales, la distribución de los materiales arqueológicos muestra un patrón de acumulación independiente de la paleotopografía del nivel. La zona de máxima concentración de restos líticos y de fauna es bastante regular en su pendiente, sin grandes depresiones y siguiendo la tendencia general del depósito. Sin embargo, en la zona más baja que se encuentra hacia el sureste del área excavada apenas se encuentran restos. Este patrón de dispersión es el que se

encuentra en general en la cavidad, ya que la mayor concentración de restos se da en la parte central y hacia el oeste, mientras que hacia el este la densidad de restos disminuye considerablemente (tal y como se pudo comprobar durante los trabajos de excavación de 2017). De esta forma, los materiales no se encuentran acumulados *a favor* de la depresión, ya que si los materiales hubieran sido aportados o transportados se habrían acumulado en esta zona más deprimida.

Es importante recordar que los pocos restos que se encuentran en esta zona son identificados por Getis-Ord  $G_i^*$  como un *cluster hotspot*, encontrándose restos de una longitud mayor a los que se encuentran en la agrupación principal. Este patrón de acumulación se da tanto en los restos de fauna como de industria lítica, aunque es cierto que el tamaño muestral de los restos de fauna es bastante poco significativo como para establecer comparativas respecto a los resultados obtenidos con Getis-Ord  $G_i^*$ . Como se ha visto en el apartado de Resultados, los materiales líticos identificados como *hotspot* se encuentran localizados en uno de los márgenes de la zona deprimida, sin llegar a encontrarse en la zona más baja (Fig. 4.2.10) y mostrando un patrón bastante disperso. Por otra parte, los materiales *hotspots* correspondientes a la fauna son menores y sí se encuentran en una posición más baja en la zona deprimida (Fig. 4.2.12). Es importante destacar que los análisis tafonómicos no indican que los huesos se hayan visto afectados por procesos de aplastamiento o fracturación por caída de bloques. Por otra parte, al trazar los perfiles sobre la paleotopografía del nivel VII, los conjuntos *coldspots* donde se concentran los restos de menor tamaño y que parcialmente coinciden con las zonas de máxima densidad de material, se encuentran localizados en superficies de pendiente baja y no deprimidas (Fig. 5.2.1), y no en la zona de máxima depresión del terreno. Como se puede apreciar, tanto los conjuntos de industria lítica como de restos de fauna se encuentran localizados en posiciones espaciales muy cercanas, incluso enfrentadas.

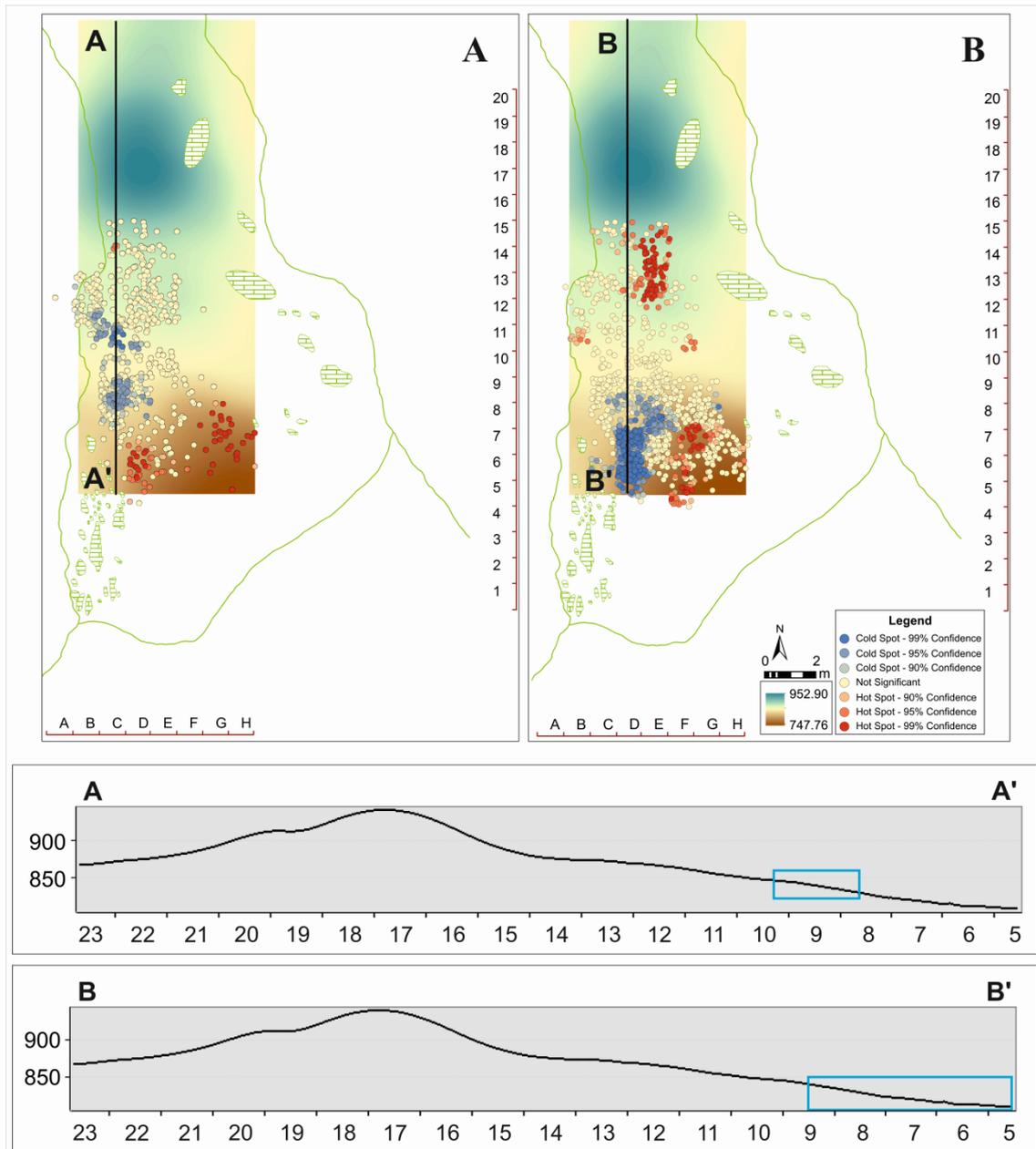


Figura 5.2.1: Proyección de los restos de fauna (A) e industria lítica (B) analizados con la herramienta Getis-Ord  $G_i^*$  sobre la paleogeografía del nivel VII de Amalda. Perfiles de la paleotopografía del nivel VII con la posición de los *clusters coldspots*.

Figure 5.2.1: Projection of the faunal remains (A) and lithic industry (B) analyzed according to Getis-Ord  $G_i^*$  and superimposed over the paleogeography of the level VII of Amalda. Paleotopography profiles of the level VII with the location of the *coldspots* clusters.

En caso de que los restos hubieran sido aportados por corrientes de agua, es razonable pensar que se daría una acumulación de restos mayoritariamente de pequeño tamaño en esta zona más deprimida. Por otra parte, en caso de que los restos más pequeños hubieran sido arrastrados y hubieran quedado los de mayor tamaño, se encontrarían evidencias de gravas o arenas que indiquen la presencia de corrientes que pudieran arrastrar y seleccionar dichos materiales. En el caso del nivel VII, no se han observado ninguna de estas cuestiones planteadas, ya que las descripciones del nivel realizadas tanto por el equipo de Altuna como el actual

(Altuna et al., 1990; Rios-Garaizar et al., 2017) son muy claras con respecto a la presencia de arenas o gravas que indiquen la presencia de corrientes o facies de media o alta energía.

En cuanto al espacio resultante entre las principales concentraciones de material lítico y restos de fauna identificadas (Fig. 4.2.20), podría pensarse que se trata de algún tipo de sondeo en el que, debido a que se excavara rápido para conocer la secuencia estratigráfica, no se hubieran registrado todos los materiales de una forma correcta y, por tanto, la densidad de restos sería muy inferior al encontrado en los cuadros adyacentes. No se ha encontrado información de ningún tipo acerca de que se hubiera realizado ninguna cata en esta zona del yacimiento, ni en las memorias ni en la monografía publicada en 1990 (Altuna et al., 1990). Aun así, en caso de que se hubiera realizado un sondeo que hubiera alterado esa parte del registro, quedaría por resolver el hecho de que las concentraciones de fauna e industria lítica se encuentren separadas. Otra de las posibilidades es que se tratara de algún bloque alrededor del cual se hubieran acumulado los restos. Es una opción bastante plausible, pero por otra parte seguiría llamando la atención esa *frontera* en la distribución de materiales, ya que se habría dado la circunstancia de que a un lado se habrían acumulado los restos líticos y al otro los restos de fauna. Además, se trataría de un bloque cuyas dimensiones serían de 1 m<sup>2</sup> aproximadamente, lo cual supone unas dimensiones suficientemente significativas como para haber quedado reflejado en las plantas y en la descripción hecha en las memorias, sobre todo al quedar prácticamente en medio del área de excavación y justo donde sale la mayor cantidad de material. No se ha encontrado información relativa a la existencia de un bloque en esta zona del yacimiento.

Debido a que las evidencias no parecen sugerir que esta disposición espacial se deba a procesos naturales o a defectos del registro, se podría aludir a otras explicaciones que pudieran dar respuesta a esta distribución de los materiales y a las concentraciones identificadas.

Este patrón de distribución diferencial de materiales podría recordar al modelo descrito por Binford (1983), donde se habla de dos zonas claramente diferenciadas, en las que el tipo de actividad desarrollada condiciona el patrón de acumulación y dispersión de restos. La ubicación de los restos más pequeños, resultantes de la reducción de los núcleos de piedra y de la fragmentación de huesos para la extracción del tuétano, quedarían en el mismo sitio en el que la persona responsable de estas actividades se hubiera sentado (*drop zone*). En este modelo ideal que presenta Binford, una de las zonas más proclives a darse este tipo de acumulación es alrededor del hogar, ya que la persona se habría dispuesto cerca del fuego para tener más calor y luz. Por otra parte, los restos más grandes desechados serían arrojados o colocados lejos del área donde se encontraban sentados (*toss zone*), normalmente en zonas más alejadas y a sus espaldas (Binford, 1983). Este comportamiento fue observado en varios campamentos,

como el de los Nunamiut (inuits), quienes respondían ante la pregunta de este tipo de comportamiento con un “¿quién quiere sentarse sobre un hueso grande?”. Este tipo de procedimiento era denominado como “mantenimiento preventivo” del área donde se sentaban para realizar este tipo de actividades (Binford, 1983). Tal y como indica Binford, se trata de un modelo ideal que no se mantiene estanco e inalterable. La presencia de más individuos realizando tareas similares y de forma paralela, así como el hecho de que las actividades se hagan en entornos de interior o de exterior, pueden dar lugar a otras variaciones “tanto en contenido como en forma” (Binford, 1983:165) de las distribuciones de los restos. En el caso de Amalda, se han identificado acumulaciones claramente diferenciadas para cada uno de los tipos de materiales (líticos y óseos), siendo las más llamativas las que contienen mayor número de restos. En ambos casos, se trata de agrupaciones que coinciden con los conjuntos identificados como *coldspots*, los cuales contienen restos iguales o inferiores a los 20 mm de longitud. El resto de conjuntos identificados, muestran patrones con longitudes ligeramente mayores, además de encontrarse en posiciones espaciales diferentes a las de los conjuntos que engloban los restos de menor tamaño.

Asimismo, es bastante llamativo el hecho de que ambas concentraciones principales se encuentren separadas por un espacio con una densidad considerablemente inferior. Volviendo al modelo ideal de Binford, el elemento clave que sirve como estructurador del espacio y las actividades en los lugares de ocupación es el hogar. Diferentes estudios etnográficos se han centrado en el uso del fuego y su posible registro en los yacimientos (Murray, 1980; Binford, 1981b; Brain, 1981; Brooks and Yellen, 1977a, 1977b; O’Connell, 1987; Brain and Sillen, 1988; Fisher and Strickland, 1991; Nicholson et al., 1991), mientras que otros se han centrado en el estudio de aquellos elementos diagnósticos que permitan diferenciar fuegos intencionados de fuegos de origen natural (Stinson and Wright, 1969; Shipman et al., 1984; Brain and Sillen, 1988; Grayson, 1988; David, 1990; Lyman, 1994; Stiner et al., 1995; Mentzer, 2012). La presencia de restos de fauna quemados es indicativo del procesado y consumo de presas, así como el uso controlado del fuego (Blasco et al., 2016). La ausencia de evidencias claras de fuegos domésticos, como hogares estructurados, sedimentos quemados o piedras rubefactadas, puede ser el resultado de procesos tafonómicos más que de la propia ausencia de fuego en sí (Alperson-Afil et al., 2009; Blasco et al., 2016). No todos los yacimientos reúnen las condiciones necesarias y requeridas para que las evidencias de combustión se preserven (Gowlett, 2006). En estos casos, los estudios centrados en la distribución espacial de los materiales han resultado una de las herramientas más adecuadas para la identificación y localización de posibles hogares (Sergant et al., 2006; Goren-Inbar et al., 2004; Alperson-Afil et al., 2009; Blasco et al., 2016). En el caso de Amalda, no se han encontrado evidencias claras de la existencia de un hogar, ya que no se ha documentado sedimento rubefactado, ni cenizas, ni algún tipo de cubeta en el que se pudiera inferir la existencia de este

tipo de estructuras. Sin embargo, hay claras evidencias del uso de fuego a través del registro de huesos quemados (185 restos según el conteo llevado a cabo por Altuna (Altuna et al., 1990) y 340 restos quemados en el conjunto de “no-identificables”), algunos de ellos calcinados (Altuna et al., 1990). Hay muchos estudios centrados en las alteraciones que el fuego produce a los elementos óseos, así como las variaciones en función de diferentes variables (tiempo de exposición al fuego, temperatura, tipo de hueso, si hay o no restos de carne, etc.) (Shipman et al., 1984; Buikstra and Swegle, 1989; Gifford-Gonzalez, 1989; Nicholson, 1993; Stiner et al., 1995), pero la mayoría de las identificaciones de los huesos quemados se hacen a partir de criterios macroscópicos como la coloración, e incluso la textura (Brain, 1981; Shipman et al., 1984; Gilchrist and Mytum, 1986; Buikstra and Swegle, 1989; Johnson, 1989; Spennenam and Colley, 1989; Nicholson, 1993; Taylor et al., 1995; Mayne, 1997; Shahack-Gross et al., 1997). El hecho de que hayan aparecido huesos calcinados es indicativo de que hubo una combustión controlada, donde las temperaturas alcanzadas fueron tan altas que provocaron la calcinación de esos restos (Shipman et al., 1984). Para que una combustión llegue a generar cenizas y pueda calcinar materiales, es necesario que las temperaturas alcancen temperaturas de 600-900° (Shipman et al., 1984; Buikstra and Swegle, 1989), mientras que temperaturas más bajas solo generan carbón. Cuando la combustión es de corta duración, los huesos probablemente se mantengan intactos o casi intactos (Shipman et al., 1984), ya que la temperatura alcanzada no ha sido la suficiente como hacer que los huesos se vean afectados. La exposición directa al fuego también puede generar este tipo de alteración de los huesos, ya sea por contacto directo con la llama (Mentzer, 2009) o porque los huesos fueron empleados como combustible (Théry-Parisot, 2002; Vila et al., 2002; Cain, 2005; Yravedra et al., 2005, 2013, 2017; Costamagno et al., 2009; Morin, 2010). El uso de combustible y el control son parámetros necesarios para que un fuego alcance tales temperaturas. En el caso de los fuegos naturales, han podido ser diferenciados de aquellos controlados por los humanos porque suelen ser bastante superficiales y no generan esa coloración gris o blanca de los huesos (David, 1990), característica de una exposición a muy altas temperaturas. En Amalda, la mayor concentración de huesos quemados se observa en los cuadros 12C (n=56) y 11D (n=50), según los datos obtenidos tras el análisis de fauna “no-identificable” (Fig. 5.2.2), pero no se han registrado restos de sedimento quemado o cenizas. Los 185 restos quemados que afirma Altuna (Altuna et al., 1990) no han podido ser ubicados espacialmente. El hecho de que no hayan quedado restos de cenizas podría deberse al efecto del agua, como el goteo debido al aumento de humedad en la cavidad durante los periodos más lluviosos, provocando el transporte de los restos más pequeños y las cenizas resultantes de la combustión. Los restos quemados, deshidratados debido a su exposición al fuego, son más ligeros, y por tanto su transporte es sencillo debido a que su densidad es inferior (Behrensmeyer, 1975). Es importante destacar que la exposición al fuego de los huesos provoca una mayor fragmentación y fragilidad de estos elementos (Cain,

2005), pudiéndose generar acumulaciones de restos de pequeño tamaño solo por la exposición de los huesos y su posterior fragmentación, debido al pisoteo (tanto de los humanos como de los animales que también visitaron la cueva) o simplemente por el proceso de alteración sufrido. Sin embargo, todos los resultados obtenidos apuntan a que la alteración postdeposicional de Amalda ha sido leve, ya que en caso contrario no se encontrarían restos de tan reducido tamaño y se observaría un claro sesgo en cuanto a las dimensiones de los materiales.

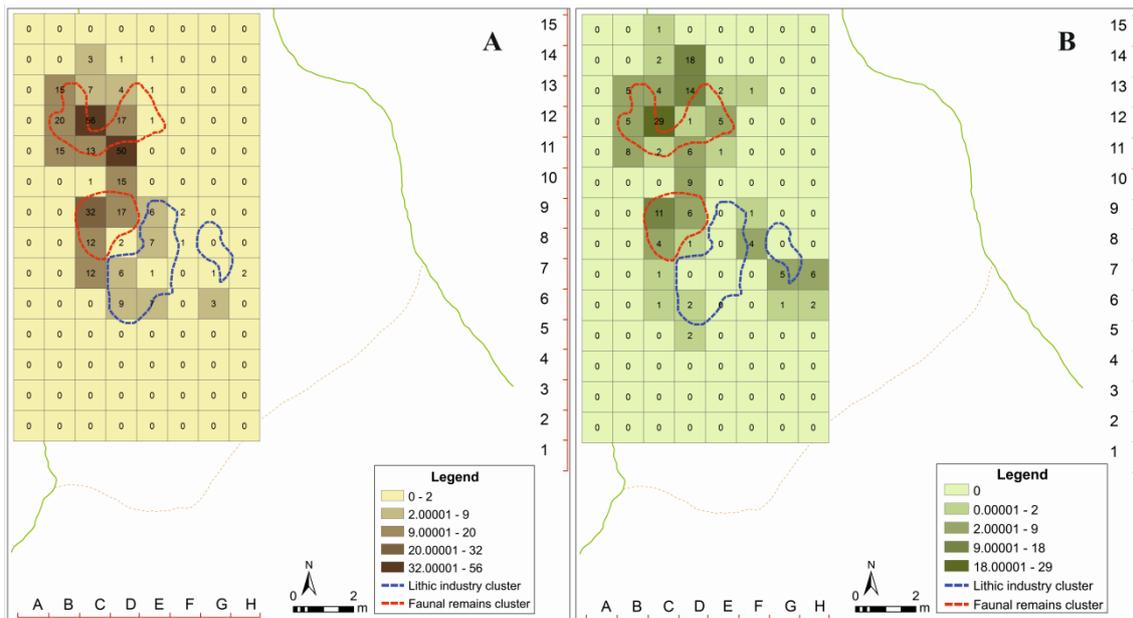


Figura 5.2.2: Planta de densidad de restos quemados (A) y con marcas de actividad antrópica (marcas de corte, fracturas en fresco, lascas) (B) en huesos “no-identificables” y delimitación de los conjuntos identificados (CF1, CF2, CL1, CL2).

*Figure 5.2.2: Density map showing the burnt bones (A) and faunal remains with evidences of anthropic activity (cut marks, fresh fractures, bone flakes) (B) in “non-identifiable” bones, and the delimitation of the clusters identified (CF1, CF2, CL1, CL2).*

Los estudios relativos a las huellas de uso han detectado que la mayor alteración encontrada en las piezas líticas es la producida por agua (Rios-Garaizar 2010, 2012a), algo bastante común en entornos de cueva debido al goteo por aumento de la humedad en periodos más húmedos, a la reactivación del karst, etc. En el caso de Amalda, la incidencia del agua parece clara pero su impacto no parece haber sido lo suficientemente fuerte como para haber arrastrado o modificado severamente la disposición espacial de los restos de industria lítica. De hecho, la mayoría de las piezas analizadas (Rios-Garaizar 2010, 2012a) que muestran alteración por agua se encuentran comprendidas en la zona de máxima concentración de industria lítica. Sin embargo, el análisis llevado a cabo con los huesos “no-identificables” muestra la existencia de restos de fauna con evidencias de disolución por agua. La mayor parte de estos restos se encuentran asociados al conjunto CF2, mientras que la incidencia del agua parece haber sido mínima en el caso del conjunto principal de industria lítica (CL1) (Fig. 5.2.3).

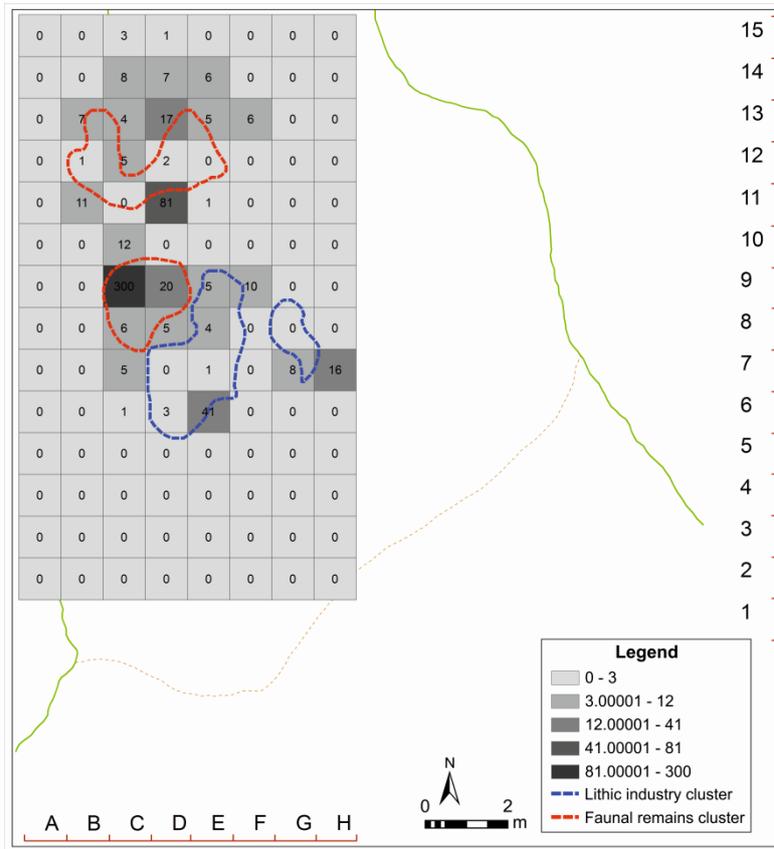


Figura 5.2.3: Planta de densidad de restos con marcas de disolución por agua en huesos “no-identificables” y delimitación de los conjuntos identificados (CF1, CF2, CL1, CL2).

Figure 5.2.3: Density map showing the faunal remains with evidences of dissolution by water in “non-identifiable” bones, and the delimitation of the clusters identified (CF1, CF2, CL1, CL2).

Tal y como se ha mencionado con anterioridad, ni en la fauna ni en la industria se han documentado procesos significativos de arrastre o pisoteo (Rios-Garaizar 2010; Yravedra, 2006), algo que parece quedar respaldado por la distribución espacial de los materiales y sus características. Estos procesos no intencionales relacionados con la propia dinámica de ocupación pueden provocar una reorganización del espacio, como mover los restos más grandes para despejar el área principal de actividad (Stevenson, 1991) o zonas de acumulación resultantes de la limpieza del lugar de habitación (*dumping areas*) (Yellen, 1977a; Binford, 1978; O’Connell et al., 1991; Stevenson, 1991), donde todos los materiales están mezclados.

Por otra parte, se podría considerar la opción de que se hayan empleado huesos como combustible. Según Villa et al. (2002) existen dos criterios fundamentales para determinar que los huesos han sido empleados como combustible: la escasa presencia de carbón asociado a los huesos y la alta representación de huesos esponjosos quemados, ya que prenden mejor que los huesos compactos (Théry-Parisot, 2002; Villa et al., 2002; Théry-Parisot and Costamagno, 2005; Costamagno

et al., 2005, 2009; Yravedra et al., 2005, 2013; Morin, 2010). Según la descripción de Altuna del conjunto de fauna de Amalda (Altuna, 1990; Altuna and Mariezkurrena, 2010), uno de los rasgos más destacables para descartar que los sarríos fueron aportados a la cueva por carnívoros es la alta presencia de rótulas de esta especie, un hueso esponjoso fácilmente consumible por los carnívoros (Altuna and Mariezkurrena, 2010). Teniendo en cuenta esto, unido a los porcentajes de huesos quemados encontrados en Amalda y su disposición espacial, es posible que en Amalda se hubieran empleado huesos como combustible, de ahí la alta fragmentación de los restos óseos en esta zona del yacimiento y su diferenciación con la zona de máxima densidad de industria lítica. En los últimos años se han publicado varios yacimientos donde se ha evidenciado el uso de huesos como combustible, como en Cova Gran (Polo-Díaz et al., 2015), El Esquilleu (Yravedra et al., 2005; Yravedra and Uzquiano, 2013), El Mirón (Geiling et al., 2016) o Abri Pataud (Marquer et al., 2010), por mencionar solo algunos.

En caso de que se hubiera dado el hecho de la existencia de un hogar, hay más elementos aparte del agua que pueden alterar el registro y provocar hasta la eliminación de las evidencias más claras que apunten a una estructuración del espacio. La presencia de carnívoros en el yacimiento es evidente, ya que se han encontrado numerosos restos digeridos y con marcas de dientes (Altuna, 1990; Altuna and Mariezkurrena, 2010; Yravedra, 2006, 2007). La acción de carnívoros sobre espacios antropizados y el impacto de sus comportamientos a nivel espacial, ha sido recientemente publicado en un trabajo muy interesante sobre la acción de diferentes carnívoros sobre un hogar estructurado (Camarós et al., 2013). Con este trabajo se ha podido cuantificar el grado de alteración postdeposicional por parte de diferentes carnívoros, así como su posible impacto en los yacimientos arqueológicos. En el trabajo de Camarós et al. (2013), se demostró cómo la acción de grandes carnívoros (*Ursus arctos*, *Crocota crocuta*, *Panthera leo* y *Canis lupus*) puede alterar de forma sustancial la posición original de los restos dejados tras una hipotética actividad antrópica (en este caso, un hogar compuesto por bloques de caliza, con capas de hojas, cenizas y carbones, con huesos frescos fracturados de vaca (*Bos taurus*) y con industria lítica asociada). En este trabajo se puede comprobar cómo los osos y las hienas son los grupos que más alteran la posición original del hogar estructurado, llegando a desplazar los bloques que conforman la estructura hasta 9 m de distancia (Camarós et al., 2013), haciendo irreconocible la estructura original, además de hacer desaparecer los huesos, desplazar los elementos líticos asociados y revolcarse en las cenizas. Los leones y los lobos fueron los que menos alteraron la posición original de los restos, aunque también desplazaron los bloques que conformaban la estructura original, pero en este caso sí se podía reconocer la disposición inicial de los bloques (Camarós et al., 2013). Los leones, al igual que hicieron los osos, se revolcaron en las cenizas, desplazando los carbones y las cenizas hasta conformar un nuevo parche de cenizas al lado del hogar original. Los lobos son los que menos alteraron la posición original, aunque

también desplazaron los huesos y la industria lítica. Se encontraron excrementos sobre algunos de los bloques que conformaban la estructura del hogar (Camarós et al., 2013), un comportamiento que no se dio en los otros grupos de carnívoros. Este estudio demostró cómo diferentes carnívoros pueden alterar las evidencias más claras de actividad antrópica como son los hogares estructurados y los elementos asociados, hasta hacerlas prácticamente desaparecer e imposibles de reconstruir su posición original (Camarós et al., 2013). En el caso de Amalda, la presencia de carnívoros es más que evidente, los cuales debieron acudir a la cavidad atraídos por el olor de los restos dejados por los humanos (Altuna, 1990; Altuna and Mariezkurrena, 2010; Yravedra, 2007). La posibilidad de que la acción de estos animales alterara la posición original de los restos es muy alta, incluso pudiendo provocar la desaparición de algunos elementos que pudieran dar pistas acerca de la existencia de un hogar. Sin embargo, esta alteración postdeposicional provocada por la presencia de carnívoros seguiría sin resolver la cuestión de por qué las acumulaciones más importantes de fauna e industria lítica se encuentran tan diferenciadas y enfrentadas. El hecho de que los carnívoros consuman y aprovechen los restos, desplacen y chupen las piezas de industria y se revuelquen sobre las cenizas, pudiendo llegar a generar un patrón alternativo de dispersión de cenizas, no provocan esa diferenciación entre acumulaciones, sino que más bien contribuirían a que se mezclaran (Camarós et al., 2013; Blasco et al., 2016).

En el yacimiento de Abric Romaní, en el caso de la CSU-2 (Sañudo et al., 2012) del nivel Ja, se observó que la concentración de huesos con claras evidencias de aprovechamiento por parte de los carnívoros era la documentada como zona *toss*. En este caso, los carnívoros se habrían visto atraídos por la alta concentración de huesos de esta zona (Sañudo et al., 2012), donde se encontrarían los huesos de mayor tamaño y, por tanto, más aprovechables. De esta forma, el impacto de los carnívoros no se habría dado tanto en la zona de mayor concentración de actividad (*drop*), y por tanto de mayor densidad de material, como sí en la zona más alejada donde los huesos de mayor tamaño habrían actuado como imán para los carnívoros cuando los humanos hubieran abandonado la cavidad. En caso de que se hubiera dado este patrón de comportamiento, el impacto en la zona de mayor concentración de material habría sido menor por parte de los carnívoros, pudiéndose haber conservado en parte el patrón de distribución de restos dejado por los ocupantes de la cueva. En Amalda, el mayor impacto por acción de los carnívoros se observa en el entorno del conjunto CF1. Este conjunto, situado en una posición más hacia el interior de la cueva, es el más alejado de los conjuntos principales de acumulación de restos líticos y del conjunto principal de acumulación de restos de fauna, además de contener restos con una longitud ligeramente mayor a los restos del conjunto CF2. Es en esta zona donde se observa una mayor acumulación de restos digeridos y con marcas de dientes (Fig. 5.2.4).

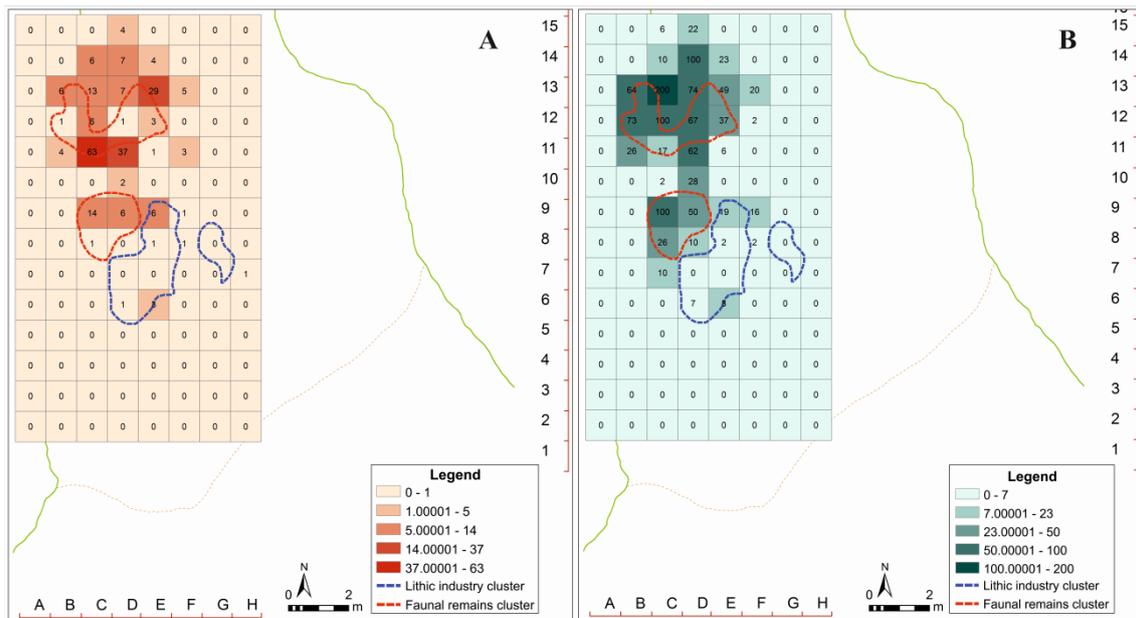


Figura 5.2.4: Planta de densidad de restos con marcas de alteración por carnívoros (chupeteo, *scores*, *punctures*) (A) y con evidencias de digestión (B) en huesos “no-identificables” y delimitación de los conjuntos identificados (CF1, CF2, CL1, CL2).

Figure 5.2.4: Density map showing the bones with evidences of alteration by carnivores (*gnawing*, *scores*, *punctures*) (A) and with evidences of digestion (B) in “non-identifiable” bones, and the delimitation of the clusters identified (CF1, CF2, CL1, CL2).

En el estudio presentado por Fernández et al. (2013) se realizaron varios hogares experimentales, tanto en abrigo como al aire libre, analizando su evolución durante un año. En el caso del hogar en abrigo, se observó que la mayor alteración sufrida fue la provocada por la visita de un jabalí, el cual pisoteó el hogar y desplazó considerablemente los restos de carbón. Al cabo de un año, solo quedaba una mancha de color oscuro muy poco intensa, con algunos carbones mezclados con el sedimento (Fernández et al., 2013). Otro de los factores que influyó considerablemente es que el sedimento sobre el que se realizó la combustión era limoso, de forma que el pisoteo continuado de los animales que pasaron acentuó la alteración del hogar.

Con estos datos, se ve que hay una distribución espacial diferencial, no solo relativa al tipo de materiales, ya sea industria lítica o fauna, sino también según las dimensiones de los restos. En el registro arqueológico, son varios los yacimientos en los que se han documentado patrones de distribución espacial en función de las actividades desarrolladas, como en Qesem Cave (Blasco et al., 2016; Barkai et al., 2017), Kebara (Meignen et al., 2007; Albert et al., 2012; Speth et al., 2012), Abric Romaní (Martínez and Rando, 2001; Vaquero and Pastó, 2001; Vaquero et al., 2004, 2012a, 2012b, 2015, 2017; Vallverdú et al., 2005, 2010; Modolo and Rosell, 2016; Bargalló et al., 2016; Gabucio et al., 2018, *inter alia*), Bolomor (Blasco et al., 2013; Sañudo et al., 2016), El Salt (Machado et al., 2016; Vidal-Matutano et al., 2017), Grotte Vaufray (Bourguignon et al., 2002, 2006) o Pincevent (Leroi-Gourhan and Brézillon, 1972; Enloe et al., 1994), por mencionar solo algunos. El patrón de distribución de materiales en estos yacimientos tiene un elemento

común a todos ellos: los hogares. Sin embargo, hay otros yacimientos en los que se han encontrado estos mismos patrones de distribución de materiales, incluso con restos de la existencia de fuego (restos quemados o calcinados, carbones), pero sin haber encontrado evidencias claras (sedimento quemado, estructuras, manchas de cenizas, etc.) que supongan pruebas definitivas de la existencia de hogares. Estos yacimientos, aun sin tener evidencias directas de estructuras de combustión, muestran una estructuración del espacio muy similar o igual a aquellos yacimientos en los que sí se han conservado este tipo de estructuras, como en Geshar Benot Ya'aqov (Alperson-Afil et al., 2009; Alperson-Afil, 2017), donde los patrones de distribución de restos muestran una clara estructuración del espacio de actividad, pero no hay hogares. Otros yacimientos más cercanos que apuntan en esta misma dirección son Axló (Rios-Garaizar et al., 2004) o El Mirón (Geiling et al., 2016). El hecho de que no haya evidencias claras de hogares, pero sí distribuciones diferenciales o patrones de estructuración del espacio doméstico, unidas a evidencias más claras como la existencia de huesos quemados o carbones, no significa que no hayan existido sino que diferentes procesos han podido provocar su desaparición (Blasco et al., 2016). A este tipo de patrón ya hicieron referencia Leroi-Gourhan y Brézillon cuando acuñaron el término *structures latentes* (Leroi-Gourhan and Brézillon, 1972), definiendo de esta forma aquellas características arqueológicas que se pueden inferir a partir del estudio de los patrones observables de distribución espacial de materiales. Altuna, en la monografía publicada en 1990, hacía mención a la posibilidad de la existencia de hogares en el nivel VII de Amalda, haciendo referencia a la abundancia de fragmentos de huesos quemados y a la distribución de más de la mitad de ellos en dos concentraciones (una en los cuadros 9C y 9D y otra en los cuadros 11C, 12C y 12D) (Altuna et al., 1990). Sin embargo, hay que esperar hasta el nivel VI (Gravetiense), justo por encima del nivel en el que este trabajo está centrado (VII), para encontrar las primeras evidencias más claras del uso de fuego en Amalda, donde se documentó la existencia de *tierra carbonosa y huesos quemados sin más* (Altuna et al., 1990:24). En los niveles superiores de Amalda se siguieron documentando abundantes restos quemados, así como carbones y cenizas bien delimitadas.

Estas dos acumulaciones podrían responder al hecho de que se trate de actividades diferentes realizadas en un mismo momento, generando de esta forma acumulaciones *paralelas* de restos pequeños resultantes del procesado de huesos y la talla lítica (Vaquero et al., 2017). En yacimientos como Qesem Cave (Blasco et al., 2016), la superposición de hogares y el uso reiterado de un mismo espacio generaron una cantidad de restos de fauna e industria lítica muy significativa, en la que se podían identificar espacialmente las actividades desarrolladas alrededor del fuego (Stiner et al., 2011; Blasco et al., 2014, 2016). En el caso de Abric Romani, la identificación de actividades en función del tipo de patrón de acumulación detectado es una constante en prácticamente todos los niveles (Martínez and

Rando, 2001; Vaquero and Pastó, 2001; Valleverdú et al., 2010; Vaquero et al., 2012a, 2012b, 2015 and 2017). El uso reiterado del fuego, la acumulación de restos de pequeño tamaño en torno a las estructuras de combustión, la organización del espacio, etc. son patrones de ocupación del espacio que han sido claramente identificados en este yacimiento (Martínez and Rando, 2001; Vaquero and Pastó, 2001; Vallverdú et al., 2010; Carbonell et al., 2012; Vaquero et al., 2012a, 2012b, 2015). Esta idea de espacios diferenciados según el tipo de actividad viene desarrollándose desde hace varios años (Yellen, 1977b; Binford 1978, 1983), clasificándose según el tipo de actividad que ha podido desarrollarse, como zonas de procesado de recursos o zonas de socialización y dormitorio. Las primeras zonas suelen estar apartadas de las otras, ya que el procesado y consumo de presas puede atraer a los depredadores. Por otra parte, las *home bases* (Rolland, 2004; Blasco et al., 2016) son aquellas donde los individuos se sentirían seguros y desarrollarían actividades más sociales, como el procesado de herramientas y donde se encontrarían las zonas dormitorio (Rolland, 2004; Twomey, 2011, 2013, 2014; Wiessner, 2014; Blasco et al., 2016). Estas zonas estarían correlacionadas con el uso controlado del fuego y donde se darían las acumulaciones más intensas de restos, ya que es donde se realizan las principales actividades. El estudio llevado a cabo por Yellen con los grupos !Kung (Yellen, 1977b) demostró que los grupos se estructuraban en unidades familiares, cuya actividad se estructuraba en torno a un hogar donde numerosas actividades domésticas se llevaban a cabo. El espacio comunal es donde se desarrollaban otro tipo de actividades, principalmente relacionadas con la distribución de comida (Yellen, 1977b), mientras que otras actividades más específicas, que requerían más espacio o generaban más residuos, eran desempeñadas lejos de los hogares o los espacios domésticos. Este ejemplo es muy claro en cuanto al tipo de acumulación en función de la actividad que se haya desarrollado y la ubicación espacial del conjunto de restos (o deshechos).

El análisis de las huellas de uso de los materiales líticos de Amalda aporta datos muy interesantes acerca de las actividades que se desarrollaron en la cavidad durante el periodo de ocupación. En total, fueron analizadas 84 piezas (Rios-Garaizar 2010, 2012a), de las que 57 muestran huellas de uso identificables. De estas 54, 19 muestran huellas de corte sobre material indeterminado, 4 sobre material duro o semi-duro y 2 sobre material blando. Por otra parte, 10 muestran alteración por agua, 2 actividades de carnicería, 3 pudieron ser empleadas como proyectiles y una muestra huellas de percusión. De las piezas que muestran huellas de actividad de raspado, 4 corresponden a raspado sobre material duro o semi-duro, 5 sobre material blando o piel y 7 sobre material indeterminado. La mayoría de las piezas en las que se han detectado huellas de uso parecen mostrar una correlación con las acumulaciones más importantes de material (conjuntos CF1, CF2, CL1 y CL2). En el conjunto CF1 y su entorno más inmediato se da una mayoría de piezas en las que se ha identificado la acción de raspar ( $n = 5$ ), tres de ellas dentro de los límites del conjunto. Además, cuatro piezas con huellas de corte de

material indeterminado, una pieza de corte de material duro o semi-duro, una pieza alterada, una pieza identificada como su uso como proyectil y la única pieza en la que se han encontrado evidencias de haber sido usada para percusión (Fig. 5.2.5). En el conjunto CF2, dentro de los mismos límites, se encuentran tres piezas con huellas de actividad de corte de material indeterminado, una pieza alterada y una pieza con huellas de raspado de material blando o piel. En medio de los conjuntos CF2 y CL1 se encuentran tres piezas: una alterada, una con huellas de corte de material blando y otra de corte de material indeterminado. En CL1, donde se da la mayor parte de la concentración de piezas con huellas identificadas, se da una mayoría de piezas con marcas de haber sido usadas para cortar ( $n = 6$ ) y raspar ( $n = 3$ ) material indeterminado, así como cuatro piezas alteradas. De las 6 piezas identificadas con huellas de haber raspado material indeterminado, tres se encuentran dentro de los límites de CL1. También se encuentra un proyectil, una pieza con huellas de haber cortado material duro o semi-duro y otra de haber raspado material duro o semi-duro. Las dos únicas piezas con huellas de haber sido empleadas para labores de carnicería se encuentran dentro de los límites de este conjunto o en su entorno más inmediato (Fig. 5.2.5). En cuanto al conjunto CL2, hay mayoría de piezas con huellas de actividades de corte de material indeterminado ( $n = 4$ ), dos piezas alteradas, dos piezas que muestran actividades de raspado de material blando o piel, un proyectil, una pieza con huellas de haber raspado material indeterminado y una de corte de material duro o semi-duro. El resto de piezas analizadas, que quedan en el espacio comprendido entre el conjunto CF1 y el resto de conjuntos está compuesto por dos piezas con huellas de actividad de raspado en material indeterminado, una pieza con huellas de corte sobre material indeterminado, otra sobre material blando y otra sobre material duro o semi-duro. Según esta distribución de piezas líticas según el tipo de huellas de uso, se podría asumir que en el conjunto CF1 hay un predominio de piezas enfocadas a labores de corte y raspado de material blando y duro o semi-duro, mientras que en el conjunto CL1 predominan también las huellas de actividades de corte, así como de raspado de material indeterminado y de carnicería. Además, de bastantes piezas con signos de alteración. De los proyectiles identificados, dos se encuentran en las zonas de máxima concentración de lítica, mientras que uno se encuentra en la concentración de fauna CF1.

En Amalda, los patrones de distribución espacial de restos parecen apuntar a áreas multifuncionales, donde el procesado de fauna y recursos líticos se habría producido en un mismo área produciendo conjuntos bien definidos. De esta forma, es posible que estas actividades se hubieran producido al mismo tiempo, resultando acumulaciones contemporáneas (Vaquero et al., 2017). La distribución de las piezas de huellas de uso parece apuntar en esta dirección, ya que su localización coincide con las mayores acumulaciones de material y donde se encuentran acumulados los restos de menos tamaño, tanto de fauna como de industria. Además, hay algunas diferencias entre los conjuntos diferenciados,

dándose una mayoría de piezas enfocadas a actividades de corte y raspado en la zona de acumulación de fauna CF1, mientras que hay un predominio de piezas con huellas de actividad de corte en el conjunto de lítica CL1. La abundancia de herramientas para corte, junto con las piezas que muestran evidencias directas de trabajos de carnicería, apuntan a que el procesado de las carcasas se produjo en la misma cueva (Rios-Garaizar, 2010, 2012a). Para corroborar este tipo de patrón de organización del espacio, sería necesario recurrir a los remontajes tanto de fauna como de industria lítica, algo que podría abordarse más adelante a la luz de los resultados obtenidos en este trabajo. De momento, con los datos disponibles, parece que hay zonas de actividad diferenciadas y que las labores de procesado y talla se dieron en esta zona de máxima acumulación de materiales.

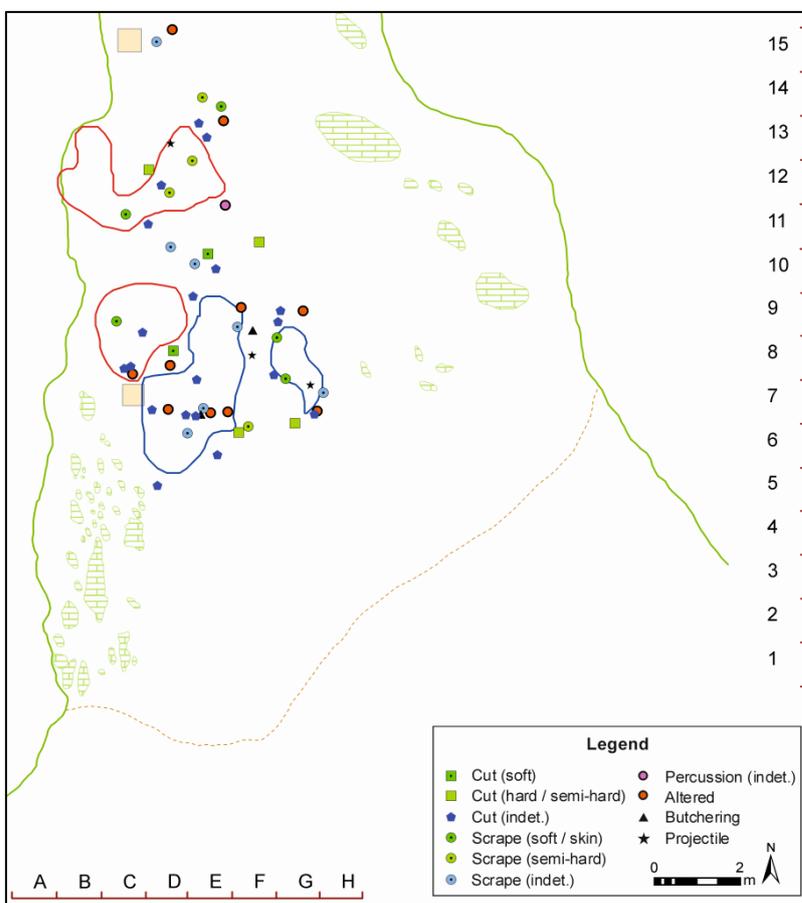


Figura 5.2.5: Planta de distribución de las piezas con huellas de uso identificables.

Figure 5.2.5: Distribution map of the pieces with identifiable use-wear traces.

Por último, podría tratarse de un palimpsesto horizontal. La ocupación reiterada de la cavidad por humanos y carnívoros, cuyas restos de actividad, en vez de superponerse unos encima de otros, habrían quedado reflejados de manera prácticamente paralela en lo que realmente habrían podido ser dos acumulaciones diacrónicas. De esta forma, la ocupación llevada a cabo por los humanos quedaría reflejada por la acumulación de restos líticos y la actividad de los carnívoros por la acumulación de restos de fauna, la cual también podría ser resultado de la

actividad humana ya que es posible que los carnívoros hubieran acudido a la cavidad para aprovechar los desechos dejados (Altuna, 1990; Altuna and Mariezkurrena, 2010; Yravedra, 2007).

La alternancia en la ocupación de cavidades por parte de carnívoros y humanos está sobradamente demostrada, pudiendo provocar palimpsestos horizontales que pudieran ser erróneamente asumidos como producto de una misma ocupación. Teniendo en cuenta esto, es posible que el grueso del registro se haya mantenido, quedando la zona principal de actividad conservada, pero habiéndose perdido información más susceptible de alterarse como las cenizas o los restos más pequeños del registro arqueológico. Como se ha podido ver en la Fig. 5.2.4, las marcas de carnívoros quedan en una posición alejada y fuera de la zona de acumulación principal de restos, por lo que se podría considerar que los carnívoros hubieran accedido a los restos dejados por los humanos, trasladándolos a zonas más interiores y protegidas, generando de esta forma una acumulación paralela a la dejada por los humanos.

Las evidencias de ocupación durante el Paleolítico Medio Final en la Región Cantábrica son muy numerosas, con yacimientos como Axlor (Barandiarán, 1980; González-Urquijo et al., 2006, 2005; Rios-Garaizar, 2004, 2005, 2017), El Mirón (Straus and González-Morales 2003, 2012), Lezetxiki (Baldeón, 1993; Álvarez-Alonso and Arrizabalaga, 2012), Arrillor (Bermúdez de Castro and Sáez de Buruaga, 1997), El Castillo (Sánchez-Fernández and Bernaldo de Quirós, 2008), El Esquilleu (Baena et al., 2005, 2012; Uzquiano et al., 2012; Yravedra and Uzquiano, 2013) o Cueva Morín (Maíllo-Fernández, 2007), entre otros muchos. De igual forma, en otras regiones de la Península Ibérica, encontramos numerosos yacimientos de cronologías similares, como Abric Romaní (Martínez and Rando, 2001; Vaquero and Pastó, 2001; Vaquero et al., 2004, 2012a, 2012b, 2015, 2017; Vallverdú et al., 2005, 2010; Modolo and Rosell, 2016; Bargalló et al., 2016; Gabucio et al., 2018, *inter alia*), Roca dels Bous (Mora et al., 2004; Martínez-Moreno et al., 2006, 2007, 2016), Cova Gran (Martínez-Moreno et al., 2010; Mora et al., 2011; Sunyer et al., 2014; Polo-Díaz et al., 2015) o el Abrigo de la Quebrada (Real et al., 2018), entre otros, donde también se han encontrado evidencias de ocupaciones intensas y/o reiteradas.

Otro de los factores que distingue a la región cantábrica es la abundancia de carnívoros, muy evidente en todos los yacimientos donde se ha conservado la fauna, aunque en los niveles más recientes del Paleolítico Medio de esta región parece que su incidencia es menor (Altuna, 1989; Yravedra, 2000; Castaños, 2005; Altuna and Mariezkurrena, 2010; Rios-Garaizar et al., 2013). El hecho de que se haya documentado actividad de carnívoros en Amalda es indicativo de que el registro arqueológico no va a encontrarse tal y como los grupos neandertales lo dejaron, unido además a los procesos naturales que hayan podido afectar al conjunto arqueológico y al hecho de que la propia dinámica de la ocupación

también puede afectar al *modelo ideal* de organización del espacio, como el propio acondicionamiento del espacio de habitación, la reocupación o simplemente el tránsito por la cavidad (Hughes and Lampert, 1977; Stevenson, 1991; Theunissen et al., 1998; Nielsen, 1991; Vaquero and Pastó, 2001; Benito-Calvo et al., 2011). Una actividad intensa dentro del área de ocupación puede provocar desplazamientos de material de forma horizontal y vertical (Stockton, 1973; Villa and Courtin, 1983; Gifford-Gonzalez et al., 1985). En el caso de Amalda, el estudio de la industria lítica (Rios-Garaizar, 2012a) reveló que parte del material gravetiense se encontraba mezclado con el musteriense. Las piezas eran de muy reducido tamaño, por lo que su percolación e intrusión al nivel inferior pudo deberse a pisoteo. Este hecho podría encajar con la idea de que durante la ocupación del nivel VI sí se pudo dar una ocupación más intensa, tal y como parece demostrar el hecho de que se haya documentado claramente el uso del fuego en este nivel (Altuna et al., 1990). También es probable que esta mezcla de material por pisoteo se haya podido dar por la acción de los carnívoros que visitaron la cavidad.

En caso de que hubiera existido un hogar, es probable que hubiera sido bastante efímero, correspondiente a una ocupación estacional durante el periodo estival (Altuna et al., 1990; Rios-Garaizar, 2010, 2012a). El emplazamiento del yacimiento de Amalda es clave, ya que al encontrarse en una de las márgenes del río Urola, uno de los principales cauces del Cantábrico oriental (Rios-Garaizar, 2010), hacen de él un punto estratégico de comunicación entre el interior montañoso y la costa. De esta forma, la cueva podría haberse empleado como punto de ocupación estacional para el aprovechamiento de los recursos de la zona (Rios-Garaizar, 2010, 2012), o incluso como refugio puntual en su camino hacia otra región. El hecho de que la ocupación de Amalda no parezca ser muy prolongada en el tiempo, podría apuntar a un tipo de asentamiento temporal como punto estratégico en el desplazamiento de estos grupos siguiendo los movimientos migratorios de los animales, tal y como se ha documentado en otros yacimientos localizados en contextos de montaña (Mora et al., 2004; Martínez-Moreno et al., 2006; Sánchez-Romero, 2012; Sánchez-Romero et al., 2017). Los datos de la industria lítica también parecen apuntar en esta dirección, ya que no se han encontrado modificaciones por pisoteo que apunten a una gran actividad dentro del yacimiento y las cadenas operativas aparecen sesgadas y con materias primas procedentes de lugares lejanos (Rios-Garaizar, 2010, 2012a). Esto podría sugerir secuencias relacionadas con necesidades más inmediatas (Vaquero and Pastó, 2001) y donde las materias primas más valoradas (aportadas) fueran empleadas para tareas más específicas. Además parece haber una estandarización en las secuencias de reducción y en los patrones de talla para todo el conjunto lítico (Rios-Garaizar, 2010, 2012a), lo que podría indicar que la ocupación del nivel VII de Amalda solo se produjo por parte de un mismo grupo. En yacimientos donde se ha documentado la presencia de varios grupos o la ocupación reiterada en un mismo espacio, se ha podido observar

por la variabilidad en los conjuntos de industria lítica (Vaquero et al., 2012a, 2012b) o diferencias en el tratamiento y procesado de recursos (Blasco et al., 2013), algo que no se ha documentado en el conjunto del nivel VII de Amalda.

El análisis espacial llevado a cabo con los datos de Amalda ha permitido identificar dos acumulaciones claramente diferenciadas de restos de industria lítica y fauna (CF2 y CL1), las cuales contienen restos principalmente de reducido tamaño. Por otra parte, se han identificado otras dos acumulaciones (CF1 y CL2) que se encuentran en posiciones más alejadas respecto a las principales y que contienen restos de mayor tamaño. La disposición, acumulación y buena delimitación de estos conjuntos no invitan a pensar que se traten de concentraciones resultado de procesos naturales. Asimismo, aunque la presencia de carnívoros es evidente, los resultados no indican que haya habido una gran alteración del registro antrópico, sino que el impacto de estos animales habría sido poco significativo. De esta forma, el estudio espacial, en combinación con los datos disponibles para la fauna y la industria lítica, parece apuntar a que el nivel VII de Amalda corresponde a una ocupación temporal breve por parte de los humanos.

### **5.2.3. Aranbaltza II**

El planteamiento del análisis espacial de Aranbaltza II ha sido diferente al proyectado para Ambrona y Amalda, ya que nos encontramos ante una excavación de una extensión limitada (18,14 m<sup>2</sup> en total, 7,14 m<sup>2</sup> para el área principal), sobre todo al compararlo con Ambrona, el otro yacimiento al aire libre estudiado en este trabajo, pero que a su vez presenta una alta densidad de material arqueológico lítico. La concentración de restos, entre los que no se puede contar con información de la fauna, responde a una dinámica de acumulación bastante particular y complicada de caracterizar en contextos de mayor extensión. Se trata de patrones de acumulación muy locales, que solo aparecen caracterizados en una zona muy concreta del área excavada, cuyo origen podría responder a diferentes procesos.

El estudio del yacimiento de Aranbaltza II ha permitido contrastar el método de análisis espacial previamente aplicado a yacimientos de mayor extensión, a contextos con problemáticas muy definidas y en una escala de trabajo mucho más reducida. Este caso tan particular, ha posibilitado comprobar la aplicabilidad de los métodos de análisis espacial explicados en esta Tesis, permitiendo abarcar diferentes escenarios, procesos de formación, áreas de trabajo, metodologías de excavación y recogida de datos, etc.

Los conjuntos individualizados se han clasificado según criterios estadísticos, combinando varias técnicas de análisis y no solo según el patrón de máxima acumulación de densidad kernel. Los cuatro *clusters* identificados han servido para estructurar el área de estudio e inferir con mayor resolución los procesos que han actuado en la acumulación de restos de Aranbaltza II. Esta clasificación se ha hecho en función de la cantidad total de materiales recuperados en el yacimiento (PS) y no solo según los restos registrados con estación total (PR). De esta forma, tenemos la proyección real de todos los materiales coordinados y una aproximación de la ubicación espacial de aquellos restos contenidos en las bolsas de material. El área en el que se ha centrado el estudio es bastante reducida (7,14 m<sup>2</sup>), por lo que no hay mucho margen para que el rango de error suponga un problema y falsee en demasía los datos, ya que se trata de una enorme cantidad de restos en una zona muy restringida. En total, se ha analizado la distribución espacial de 5414 restos líticos, frente a los 1649 restos que se tenían en un inicio. Al proyectar los materiales coordinados se veía una clara acumulación hacia el oeste del área excavada (Figs. 4.3.2 y 4.3.3). Esta acumulación parecía estar asociada a *estructuras* que se habían visto en campo, las cuales contenían una gran cantidad de material (Fig. 5.2.1).

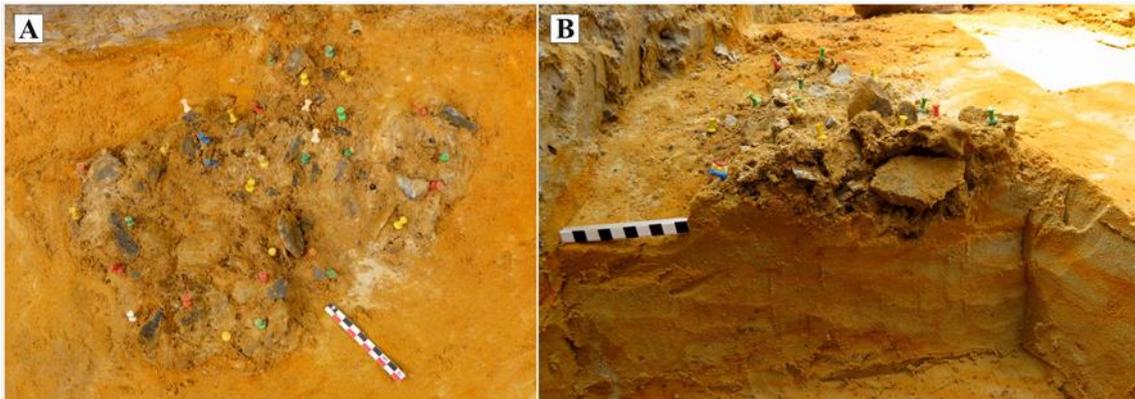


Figura 5.2.1: Morfologías que aparecen en la zona oeste del área de excavación, las cuales contienen una gran cantidad de material y son responsables de la enorme concentración de material en esta zona del yacimiento. Vistas en planta (A) y en sección (B).

Figure 5.2.1: Morphologies of the west side of the excavation area, which contain a great amount of material and they are the cause of the concentration of remains in this zone of the site. View from the top (A) and section view (B).

Sin embargo, al proyectar todos los materiales recuperados en la excavación, se pudo observar que, efectivamente en esta zona se daba una mayor concentración de material, pero que el resto del área excavada mostraba a su vez una gran densidad de material. La clasificación por grupos ha permitido conocer que en la zona de mayor concentración de restos hay un total de unos 1780, pero que en el resto del yacimiento, fuera de esta zona de mayor concentración, hay un total de 3634 restos. El conjunto AC3 engloba casi un 33% (32,88%) del total de restos del conjunto de Aranbaltza II, lo que supone una enorme concentración de material en comparación con el resto de conjuntos clasificados. Estas acumulaciones de material aparecen concentradas en unas morfologías que recuerdan a las de los lóbulos de derrame (*crevasse splay*) (Freeze and Cherry, 1979; Burns et al., 2017; Lepre, 2017) (Fig. 5.2.2), con la diferencia de que estos procesos se encuentran en contextos de arenas finas y no de gravas (Burns et al., 2017). Este tipo de procesos ya han sido descritos en la unidad 4 de Aranbaltza III (Rios-Garaizar et al., 2018).

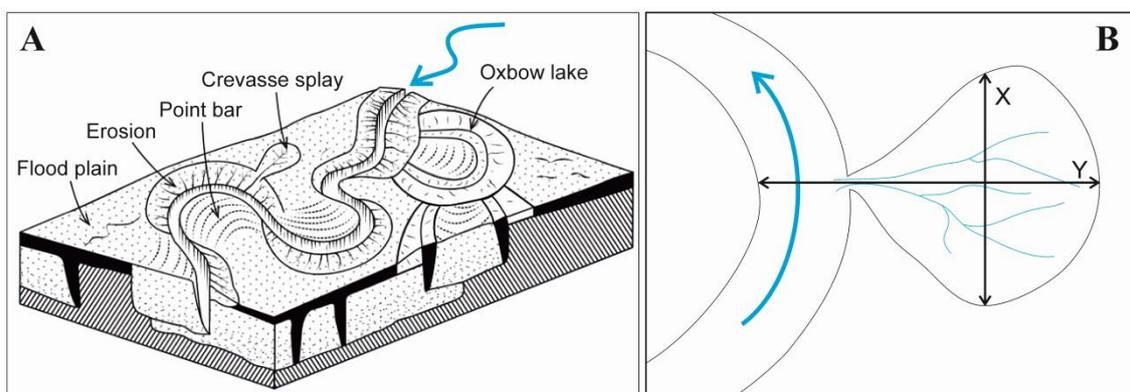


Figura 5.2.2: A) Esquema de formación (*modif.* de Freeze and Cherry, 1979) y B) morfología de un lóbulo de derrame (*modif.* de Burns et al., 2017).

Figure 5.2.2: A) Formation scheme (*modif.* from Freeze and Cherry, 1979) and B) crevasse splay morphology (*modif.* from Burns et al., 2017).

Por otra parte, las características que muestran estas estructuras, en cuanto al tipo de material y su forma, recuerdan a morfologías similares a barras de gravas, donde las gravas serían el material arqueológico. No obstante, en las barras de gravas es común la organización del material según la dirección de la paleocorriente, como por ejemplo ocurre con los cantos imbricados. En el caso de las acumulaciones aquí descritas no se da este caso, ya que los análisis de orientaciones no evidencian ninguna orientación preferente. La ausencia de orientación podría deberse a que dichas acumulaciones fuese concentradas por flujos de baja capacidad de selección y organización del material, como suele ocurrir en las cabeceras de los valles donde abundan los flujos torrenciales. De hecho, el yacimiento se encuentra localizado en la cabecera de un valle y, por lo tanto, podría sugerir la presencia de este tipo de flujos más caóticos y poco selectivos. Sin embargo, los materiales de Aranbaltza II, en principio, no evidencian este tipo de procesos, puesto que están compuestos exclusivamente por arenas (y sin gravas naturales) que sugerirían flujos de alta selección. Los estudios geoarqueológicos realizados en el entorno han evidenciado que la alta composición arenosa del depósito y la ausencia de gravas gruesas estaría marcada por la presencia de dunas en el entorno del yacimiento (Muñoz et al., 1991; Aguirre Ruiz, 2010; Martínez de la Hidalga, 2012; Rios-Garaizar, 2013), cuya erosión aportaría la alta concentración de arenas en los yacimientos del complejo de Aranbaltza y que actualmente pueden observarse en los perfiles dejados por las canteras de explotación (Fig. 5.2.3). Así, Martínez de la Hidalga (2012) propone, a partir de datos sedimentológicos de arenas similares en el entorno, que el área fuente procedería de la plataforma de abrasión marina desde donde sufrió un transporte eólico.

La sección en U de las morfologías donde se concentra gran cantidad de material (Fig. 5.2.1) es muy similar a la que encontramos en los canales (Goudie, 2004), lo cual podría ser indicador de que puede tratarse de un proceso tractivo en el que, en vez de gravas o cantos, hay material arqueológico. Este proceso ha podido deberse a aumentos de caudal que hayan producido crecidas del río y, como consecuencia, flujos de agua que hayan arrastrado todo lo encontrado a su paso. Estos procesos pueden producirse como consecuencia de aumentos en la precipitación, las cuales provocan escorrentías y flujos que, al igual que pequeños arroyos, remueven y desplazan los materiales que se encuentran en su recorrido (Goudie, 2004). Estos regueros (*rills*) son pequeños canales, de poca profundidad, cuya acción erosiva depende de la pendiente y de la cantidad de agua transportada. Los depósitos de arenas son más susceptibles a la acción de estos procesos, al contrario que las arcillas que suelen ser más resistentes a su formación (Loch and Thomas, 1987).

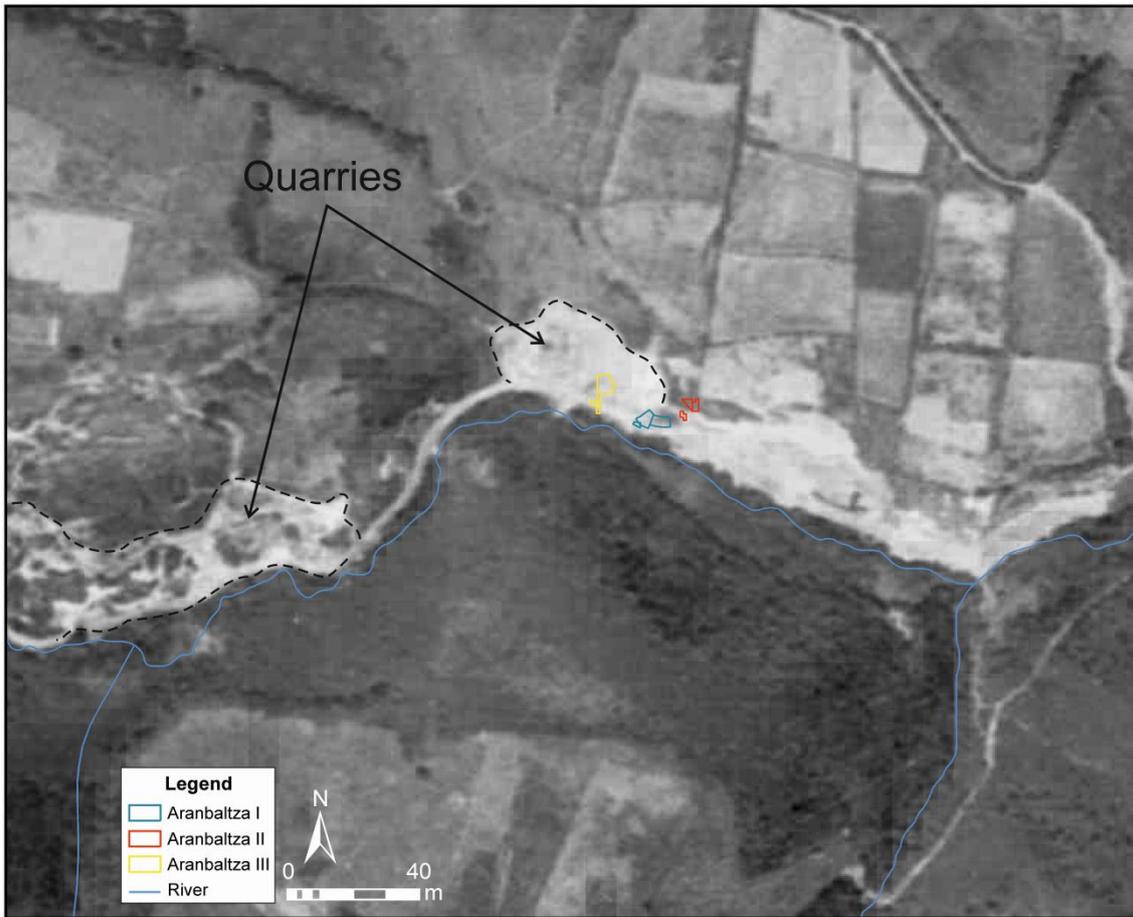


Figura 5.2.3: Foto aérea de 1965 donde se puede apreciar la explotación de la cantera más próxima a los yacimientos de Aranbaltza. La otra cantera indicada ya aparece en los vuelos realizados en 1956/57.

*Figure 5.2.3: Aerial photograph (1965) where it is possible to appreciate the quarry nearest to the Aranbaltza sites. The farther quarry was already photographed in 1956/57.*

Los análisis de orientación y pendiente llevados a cabo con estos restos muestran una fábrica con una composición isótropa significativa, así como un patrón de orientación aleatorio. Este patrón caótico encajaría con estos pequeños *inputs* de material, en los que los restos habrían sido arrastrados y acumulados hasta un punto en el que debido a una disminución de la fuerza del agua, un cambio en el sustrato o una regularización de la pendiente los materiales habrían quedado ahí acumulados (Goudie, 2004). Este desplazamiento de los restos no se habría dado a largas distancias, sino que probablemente procedan de zonas muy próximas. La falta de selección de tamaño, la gran cantidad de restos y el aspecto tan fresco de las piezas apunta a un transporte de corta distancia que no ha favorecido el sesgo por tamaño, tal y como se verá a continuación.

En cuanto a las características de forma de los materiales, no se observa una selección por tamaño, ya que encontramos una media muy similar al resto de conjuntos (27,11 mm), donde han aparecido restos desde 6,3 mm hasta 100,7 mm. Además, el patrón de forma que se encuentra no difiere del resto de materiales, ya que se da una mayoría de restos poco masivos o estrechos y de forma

cuadrangular o rectangular. Como se ha discutido con anterioridad, son varias las posibilidades que se plantean en Aranbaltza II, desde barras aluviales hasta depósitos de regueros o también lóbulos de derrame. Sin embargo, con los datos disponibles no se pueden concretar ninguna de estas opciones, ya que la ausencia de paleodirecciones y la escasa extensión excavada no permiten aportar más precisiones. No obstante, los procesos que han generado la concentración de restos en la superficie excavada de Aranbaltza II parecen corresponder a flujos aluviales, con baja capacidad selectiva y organizativa, sin selección por tamaño, sin organización direccional definida y baja capacidad abrasiva.

Los materiales encontrados en Aranbaltza II muestran un aspecto muy fresco, aunque a escala microscópica se aprecian huellas de abrasión por contacto con arenas, por lo que el índice de rodamiento y alteración es muy bajo. El hecho de que piezas encontradas en contextos de arenas y con evidencias que apuntan a que hayan podido ser aportadas muestren este aspecto, responde a procesos ya identificados y descritos por Isaac (1967). Hasta el momento se habían descrito aquellos los efectos de los procesos hidráulicos de alta energía, como en contextos con gravas, pero no aquellos en los que la presencia de agua no era tan fuerte, como en los contextos de arenas (De la Torre, 2001). Isaac llevó a cabo una serie de modelos experimentales en los que describió y cuantificó los efectos de los procesos fluviales sobre materiales líticos (Isaac, 1967). Para ello, depositó cinco conjuntos de piezas de diferentes tamaños (de 3 a 10 cm) en un canal efímero del lago Magadi (Kenia) que solo transportaba agua en época de lluvias (Isaac, 1967; De la Torre, 2010). Al cabo de un año, observó que solo 2 de los conjuntos habían sido afectados. Uno de ellos, depositado sobre un sustrato de arenas, mostraba que las piezas más grandes habían permanecido en su posición original, aunque muchas estaban inclinadas y hundidas en la arena. En el otro conjunto, sobre un sustrato más consolidado, la mayoría de las piezas habían sido transportadas una media de 2 m (Isaac, 1967; De la Torre, 2001). De esta forma, se pudo ver que las piezas en contextos de arenas podían, más o menos, mantener su posición original al hundirse en la arena, quedando protegidas del torrente de agua. Además, pudo observar que las piezas más pequeñas eran más susceptibles a ser transportadas que las más grandes. Este estudio sirvió como punto de partida al de Schick (1984, 1987), quien llevó a cabo un programa experimental considerado como uno de los más completos sobre procesos de alteración fluvial en materiales líticos (De la Torre, 2001). En este estudio, los experimentos se llevaron a cabo en un *flume* (canal artificial con corrientes de agua controladas), estableciendo diferentes velocidades para obtener la corriente suficiente que moviera los materiales en función de su tamaño (Schick, 1984). De esta forma, consideraba que según las dimensiones de los artefactos se podría inferir de manera aproximada la energía de la corriente que afectaría a los materiales líticos. Según Schick, la morfología de las piezas sería determinante en el modo en el que las piezas se transportarían, ya fuera rodando, deslizándose, etc., así como el grado de movimiento (Schick, 1984;

De la Torre, 2001). Las conclusiones de este estudio apuntaban a la importancia de la morfología de las piezas, como a cuanto mayor es la esfericidad de las piezas, mayor es el transporte (algo a tener muy en cuenta en piezas como los núcleos). Además, la morfología resultó muy influyente en la estabilidad de las piezas, ya que tienden a adoptar una posición mucho más estable en el sustrato sobre su parte más plana, hasta que la energía de la corriente es lo suficientemente fuerte como para arrastrarla (Schick, 1984; De la Torre, 2001). Estos experimentos fueron llevados a cabo en un *flume*, pero cuando se incorporaba arena los resultados obtenidos variaban ligeramente. Por una parte, el sedimento impedía el movimiento de los objetos, de forma que el desplazamiento no era tan acusado como cuando se realizó el experimento solo con agua. Y por otra, la arena en suspensión solía cubrir las piezas, impidiendo la erosión (Schick, 1984) y protegiéndolas del transporte, algo muy importante para los restos de menor tamaño. Otro de los resultados obtenidos, muy interesante en cuanto al análisis espacial de los restos, es que aunque haya una perturbación muy fuerte del conjunto, siempre se conserva un pequeño porcentaje de debitado de reducido tamaño y que la presencia de núcleos aumenta cuanto mayor es la perturbación (Schick, 1984, 1987; De la Torre, 2001). Además, Shick observa que hay un patrón recurrente de áreas poco modificadas o de redeposición, donde hay altos porcentajes de *débitage* que pueden incluso confundirse con índices normales para áreas de talla no alteradas. A esto hay que añadir el sesgo por tamaños, ya que es posible encontrar conjuntos en los que hay una gran densidad de materiales de gran tamaño y que, a medida que se avanza corriente abajo, se vayan encontrando restos de tamaño más pequeño (Schick, 1984, 1987). Otros estudios posteriores han refutado estos resultados, como el de Petraglia and Nash (1987), quienes observaron cómo muchas de las piezas de su experimentación quedaban hundidas en el sedimento arenoso, protegidas de la corriente (De la Torre, 2001). De esta forma, es posible que el hecho de quedar hundidas y protegidas del flujo de agua hubiera favorecido la preservación de las piezas líticas, de ahí que conserven ese aspecto tan fresco y se hayan podido conservar las huellas de uso. A este dato, habría que añadir el hecho de que las piezas probablemente no hayan sido transportadas largas distancias, tal y como parecen indicar los resultados obtenidos del análisis de forma de las piezas. Según Schick, esta morfología habría permitido a las piezas tener cierta estabilidad ante el flujo de agua (Schick, 1984), lo que habría impedido que fueran transportadas o muy transportadas. A esto habría que añadir la escasa presencia de núcleos (n = 29, un 0,54% del total de restos), los cuales, debido a su forma más esférica, podrían haber rodado con mayor facilidad y haber sido desplazados a distancias mayores (Schick, 1984), de ahí que apenas se encuentre representado este tipo de soporte en todo el conjunto lítico de Aranbaltza II. En cuanto a los remontajes, es un estudio que se encuentra en proceso pero aún en un estadio muy inicial, aunque se han identificado varios remontajes, algunos incluso entre las distintas áreas excavadas.

La distribución de material es, en términos generales, bastante homogénea por todo el área de Aranbaltza II. La zona principal de acumulación de restos ya ha sido comentada más arriba, pero es importante prestar atención a los resultados obtenidos en el resto del área de estudio. Al analizar los patrones de acumulación según la máxima dimensión de las piezas, no se ve que haya ningún patrón destacable de acumulación. De hecho, tanto en Getis-Ord Gi\* como en Anselin Local Moran's I, se observan pequeños *clusters* compuestos por muy pocas piezas y que apenas resultan relevantes. Esto indicaría que no ha habido una selección de tamaño en el aporte de los materiales, sino que hay una gran variedad de tamaños (tal y como se puede ver al caracterizar los conjuntos) sin que destaque la agrupación de ninguno de ellos, ya sean valores bajos o valores altos. Ni siquiera en la zona de máxima acumulación de restos se ve que haya una selección, tal y como se puede apreciar en los análisis realizados (Figs. 4.3.7 y 4.3.11).

En cuanto a los patrones de orientación identificados en los diferentes conjuntos, se ve que AC1 (n = 12) muestra patrones aleatorios tanto en los análisis axiales como acimutales. Sin embargo, en el conjunto AC3 (n = 35) no se da una coincidencia tan clara entre los datos axiales y acimutales. En el caso del primero, se ve una clara aleatoriedad, mientras que los resultados obtenidos por los análisis acimutales no son tan categóricos. Como ya se ha mencionado con anterioridad, los análisis acimutales dependen de la pendiente, por lo que para contrastar datos que no son aparentemente sólidos hay que acudir a los patrones obtenidos tras el análisis de las pendientes. En el caso de AC3, hay una gran variabilidad de pendientes y orientaciones, ya que responde a un patrón caótico donde muchas de las piezas incluso se encuentran verticales. Sin embargo, los resultados de Rest (n = 49) y All (n = 99) son similares en cuanto a que los resultados axiales muestran una clara aleatoriedad, mientras que los acimutales se alejan de la uniformidad. Esta disparidad en los resultados puede deberse a que tanto Rest como All engloban muchos restos repartidos por todo el área excavada, la cual muestra diferencias entre unas zonas y otras en cuanto a la pendiente. En el caso de AC1, al encontrarse en un área más reducida, esa variabilidad de pendiente no sea da y, por tanto, los datos axiales y acimutales coinciden. Tal y como se puede ver en la Fig. 5.2.4, la pendiente donde se encuentra ubicado el conjunto AC1 es bastante regular. Por otra parte, en el caso de AC3 (comparable con AC1, ya que ambos conjuntos se encuentran en zonas concretas y acotadas), el proceso es diferente. Los resultados son muy similares a los obtenidos en All y Rest, en cuanto a esa aparente discrepancia entre los resultados axiales y acimutales, pero sin esa variabilidad de pendientes que da el abarcar tanto terreno. El conjunto AC3 refleja el proceso de acumulación anteriormente descrito, donde no hay un área amplia donde haya una pendiente variable, sino que el proceso de acumulación de restos en sí ya muestra un amplio abanico de piezas planas, piezas verticales, unas encima de otras, etc. Todo ello en un área aproximada de menos de 1 m<sup>2</sup> (0,76 m<sup>2</sup>). De esta forma, el resultado acimutal no vendría dado por esa variabilidad de

pendientes que sí condiciona a los conjuntos All y Rest, sino por el propio proceso de acumulación de AC3.

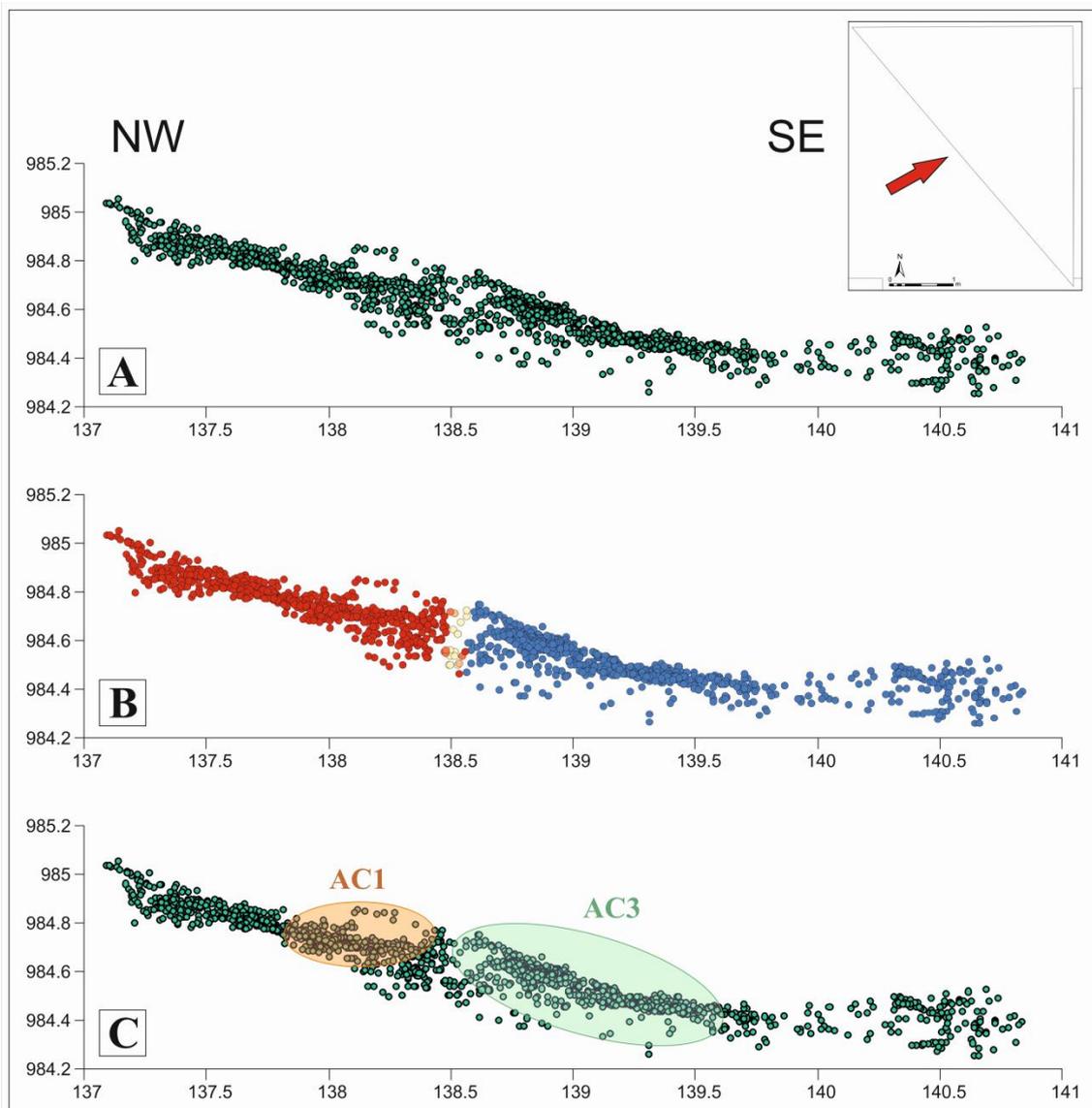


Figura 5.2.4: Proyección vertical de todos los materiales (A), análisis Getis-Ord  $G_i^*$  en función del valor de cota (B) y localización de los conjuntos AC1 y AC3 (C) donde se puede ver la variabilidad de pendientes en función de la zona del yacimiento. Nota: Estas proyecciones son aproximadas, ya que se han realizado según PR. Los materiales contenidos en las bolsas de material, los cuales han contribuido a la definición de los conjuntos según PS, no contenían información de cota.

*Figure 5.2.4: Vertical projection of all materials (A), Getis-Ord  $G_i^*$  analysis according to the altitude value (B) and location of the AC1 and AC3 clusters (C) where it is possible to observe the variability in the slopes. Note: These projections are approximated, since they have been made according to PR data. The materials contained in the bags did not have information about the altitude.*

La aplicación de la herramienta Getis-Ord  $G_i^*$  a los valores de cota de los materiales coordinados de Aranbaltza II, permite tener una visión 2D de las zonas más altas y bajas del terreno según la coordenada Z de los materiales. De esta forma, se puede observar cómo hacia el sur los materiales se encuentran en una posición más baja que los materiales que se encuentran al norte, en una posición más elevada. Sin embargo, no permite identificar las zonas donde el terreno es más

regular, al menos en un área excavada tan reducida. La Figura 5.2.4 muestra las variaciones en los valores de cota de los materiales, los cuales coinciden con la proyección 3D, donde se ve con gran detalle la distribución de los materiales y su dispersión vertical.

Por otra parte, las fábricas analizadas muestran que AC1 es planar con cierta tendencia lineal. Esto encajaría con la poca pendiente de los materiales contenidos en este conjunto, tal y como se puede ver en la proyección de la Fig. 5.2.4. En cuanto a Rest, los materiales muestran una fábrica principalmente planar, indicando que los materiales, independientemente de su orientación, no muestran grandes variaciones en su pendiente, sino que se encuentran en una posición mayoritariamente plana. Por otra parte, el conjunto All, aunque también es planar, muestra una mayor tendencia isótropa que Rest. Este resultado estaría condicionado por el hecho de que en este conjunto también se analizan los materiales contenidos en AC3, los cuales suponen un porcentaje bastante elevado del conjunto y muestran una fuerte tendencia isótropa.

Tanto AC1 como AC2 muestran unas elipses con direcciones similares, ambas con tendencia NE-SW. Sin embargo, la elipse de AC3 muestra una dirección muy diferente, cuya tendencia parece ser NW-SE, y que podría deberse a dos factores. Por una parte, a la morfología del conjunto identificado, el cual no es homogéneo. La forma muestra dos partes más alargadas, sobre todo la que se encuentra más hacia el norte, las cuales podría condicionar la direccionalidad de la elipse. Y por otra, la forma de la elipse podría estar determinada por la excavación, ya que se encuentra justo en el borde de la trinchera y presenta una direccionalidad similar a la misma. Esta misma direccionalidad es la que se encuentran en los conjuntos All y Rest, por lo que ambas elipses también podrían encontrarse condicionadas al área excavada. Volviendo a los conjuntos AC1 y AC2, el hecho de que sus elipses muestren una direccionalidad diferente a la de los otros conjuntos podría deberse a que se trata de formas más homogéneas y a que realmente muestran la dirección de entrada de los materiales. En el caso de AC1, la dirección acimutal sí apunta a una tendencia NE (Fig. 4.3.19), mientras que en el caso del conjunto AC2 no se tienen datos que permitan refutarlo. Aunque no se hayan encontrado las mismas morfologías que en AC3, es posible que el origen y procedencia de los restos sea similar. Los procesos responsables de la acumulación de restos en Aranbaltza II pudieron provocar el desplazamiento de los materiales desde el oeste hacia el este, como también parecen corroborar dicha hipótesis las morfologías de entrada de material que componen el conjunto AC3.

Uno de los aspectos que hay que tener en cuenta y que, desafortunadamente no es posible de cuantificar, es la posibilidad de que el trasiego de camiones de la cantera explotada en las proximidades haya provocado cierta deformación en el depósito. De esta forma, cabe la posibilidad de que la pendiente que encontramos actualmente en el depósito del nivel US4b de Aranbaltza II se haya visto

modificada posteriormente, debido al peso de los camiones que pasaban justo por la parte oeste del área principal de excavación. Este hecho ya se ha podido constatar en otras partes del complejo de Aranbaltza, donde se han podido observar microfallas generadas con posterioridad a la formación del yacimiento y que se han producido por el paso de los camiones de la cantera próxima.

Al margen de este hecho, es posible que Aranbaltza II se haya visto afectado por dos direcciones de aporte de material. Teniendo en cuenta las morfologías descritas, las cuales pueden responder a flujos aluviales, y a que la pendiente del depósito muestra una dirección NW-SE (Fig. 5.2.4) (la misma orientación que muestra el valle del Urgozo donde se encuentran localizados los yacimientos de Aranbaltza), cabría pensar que el flujo de material pudiera proceder de varios frentes. Como se ha visto en el apartado de Resultados (Fig. 4.3.19), los patrones identificados para todo el conjunto de Aranbaltza II (All) muestran que la orientación se ve claramente influenciada por la pendiente y que la fábrica tridimensional es planar. Sin embargo, teniendo en cuenta que la mayoría de la información relativa a los ejes procede del conjunto AC3, cuyo proceso de acumulación ya se ha visto que responde a procesos singulares, no debería tomarse muy en cuenta la información de todo el conjunto (All), ya que parece claramente influenciada por los datos de AC3, los cuales son mayoritarios respecto al resto de datos de ejes del yacimiento. De esta forma, en el caso de Aranbaltza II, es importante considerar los datos según los conjuntos definidos y con cautela cuando se tratan todos en su conjunto, al menos para el caso de las fábricas.

El conjunto de material lítico de Aranbaltza II se encuentra claramente dominado por laminillas ( $n = 451$ ) y lascas de decortinado ( $n = 449$ ), así como de lascas ( $n = 349$ ). Sin embargo en los conjuntos clasificados, predominan las lascas de decortinado y las lascas frente a las laminillas, aunque también se encuentran presentes. Las plantas de distribución de los elementos más numerosos del conjunto lítico de Aranbaltza II (Fig. 5.2.5) no muestran patrones que apunten a acumulaciones preferenciales en función del soporte, o su forma. De esta forma, el hecho de que en todos los conjuntos coincidan las lascas de decortinado como el soporte más numeroso es casual, ya que la diferencia entre el número de laminillas y lascas de decortinado es mínima en todo el conjunto.

En términos generales, el tamaño de las piezas es bastante reducido, de una forma bastante plana y con un aspecto muy fresco. Todas las características de este utillaje, además de los resultados obtenidos tras el análisis espacial, parecen apuntar a que hubo una talla muy intensa del sílex, donde se da un predominio de productos que indican una preparación de los núcleos para la obtención de herramientas. Además, aunque los materiales se encuentran en una posición secundaria, no parece que el recorrido haya sido muy largo, ya que las piezas muestran un aspecto muy fresco y, en caso de que el recorrido hubiera sido mucho

mayor, probablemente se encontraría un mayor sesgo en cuanto a tamaños y características tipológicas de la industria lítica.

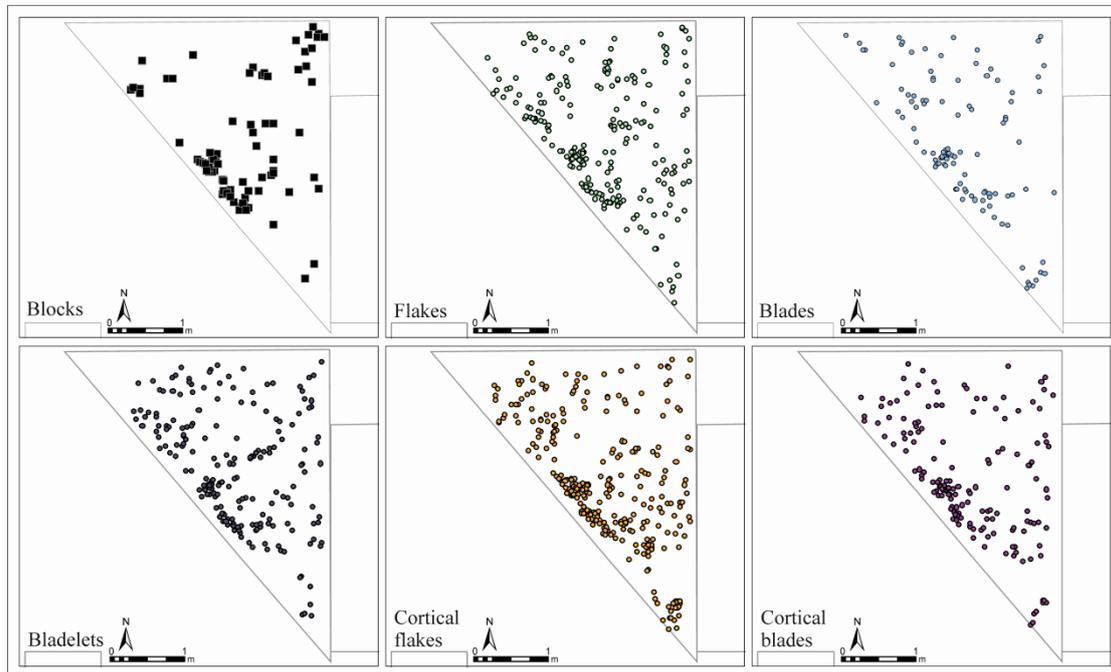


Figura 5.2.5: Planta de distribución de los soportes más numerosos en todo el conjunto lítico de Aranbaltza II.

*Figure 5.2.5: Distribution map of the most numerous lithic supports in all the assemblage of Aranbaltza II.*

Una vez expuestos y discutidos los resultados obtenidos a partir de todos los análisis aplicados a los datos de Aranbaltza II, cabría preguntarse si estos patrones de acumulación podrían corresponder a algún tipo de comportamiento humano. El yacimiento chatelperroniense al aire libre de Vieux Coutets (Creysse, Dordogne) (Grigoletto et al., 2008) muestra una estructuración del espacio muy concreta, con acumulaciones aparentemente aisladas (llamadas locus) que han sido interpretadas como áreas de explotación de recursos líticos destinados a tareas concretas (Grigoletto et al., 2008). Al tratarse de un área muy extensa (1500 m<sup>2</sup>), se puede tener una visión más amplia del yacimiento y de las concentraciones de material, pudiéndose observar la extensión y la distancia que las separa a cada una de ellas. Otros yacimientos chatelperronienses al aire libre también muestran patrones similares, como Les Bossats at Ormesson, Canaule II o Le Basté (Bachellerie et al., 2007; Bachellerie, 2011; Bodu et al., 2017), con acumulaciones muy densas de material y bien delimitadas (Fig. 5.2.6).

En el caso de Aranbaltza II es importante destacar que la zona que queda más al este de todo el área excavada (no solo considerando el área principal, Fig. 5.2.6) no ha proporcionado nada de material, suponiendo una delimitación un tanto abrupta respecto a la zona donde sí hay material. Atendiendo al patrón de acumulación de materiales en el yacimiento de Vieux Coutets, podría tratarse, para el caso de

Aranbaltza II, de una de esas zonas de máxima acumulación de restos. El hecho de que solo se haya podido excavar esta área tan reducida, debido a las restricciones marcadas por la destrucción provocada por la cantera y por la zanja de canalización, podría estar introduciendo sesgos importantes en la interpretación del conjunto, ya que la superficie estudiada tan solo mostraría parte de una acumulación más amplia. Al comparar la extensión de estos locus con la extensión del área de Aranbaltza II, se puede observar que son bastante similares.

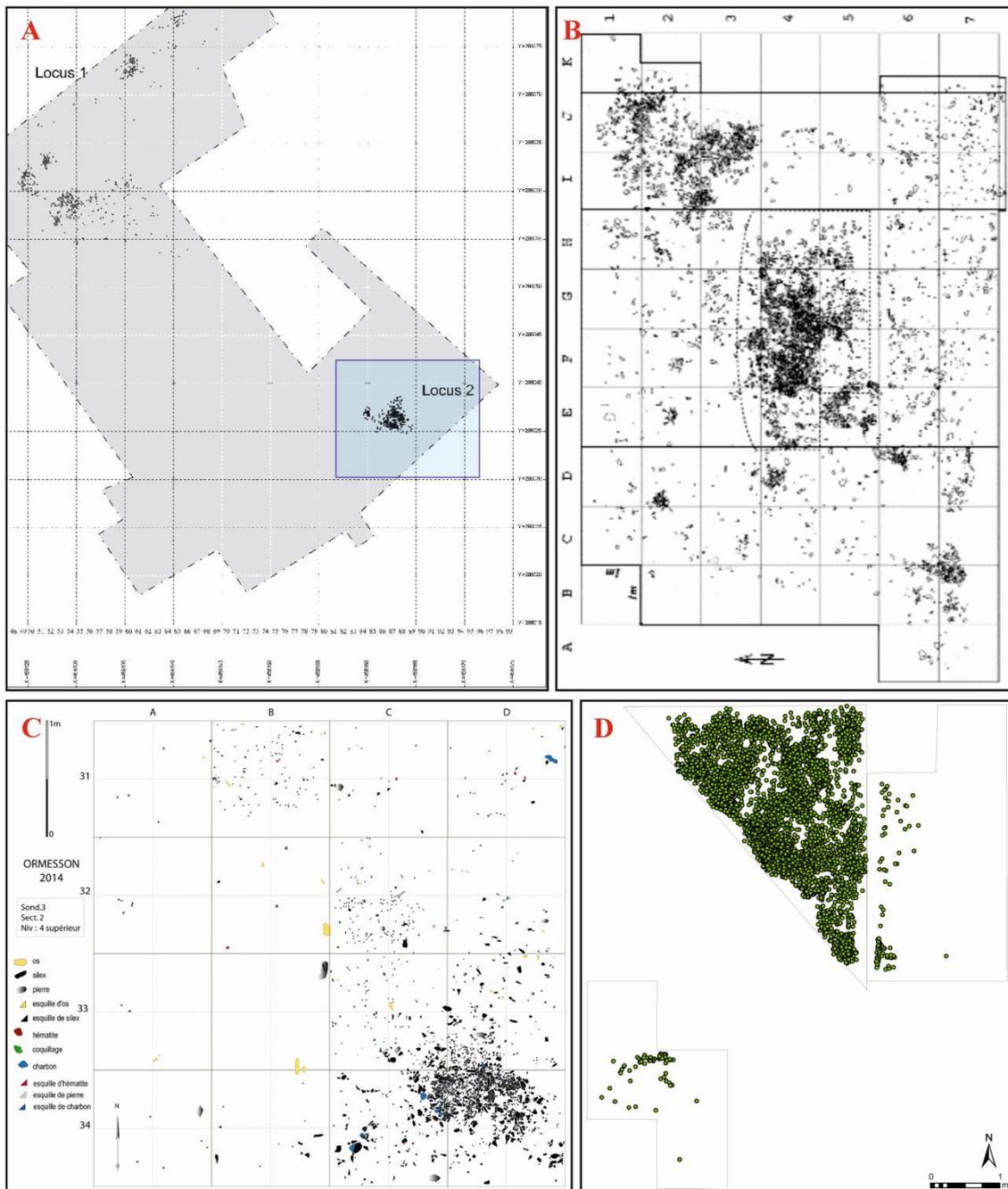


Figura 5.2.6: Proyecciones en planta de los diferentes yacimientos chatelperronienses al aire libre: Veix Coutets (A), cada cuadro es de 5x5 m; Canaule II (B), cada cuadro es de 1x1 m; Les Bossats at Omersson (C); Aranbaltza II (D).

Figure 5.2.6: Projections of the different open-air chatelperronian sites: Veix Coutet (A), each square is 5x5 m; Canaule II (B), each square is 1x1 m; Les Bossats at Omersson (C); Aranbaltza II (D).

Sin embargo, hay dos cuestiones que habría que tener en cuenta. La primera es que las estructuras identificadas en Aranbaltza II muestran características más relacionadas con factores naturales, como material revuelto, con direcciones muy variables, e incluso piezas verticales, contenido dentro de una estructura de morfología lobular bien delimitada de sección en U (Fig. 5.2.1). Los materiales resultantes de algún tipo de actividad antrópica no mostrarían esa sección en U, a no ser que se trate de zonas previamente excavadas (como cubetas) que puedan responder a zonas de deshecho (*dumping zones*). Sin embargo, estas morfologías son de tamaño bastante reducido y cuentan con lo que parece ser una entrada estrecha que luego se abre formando esa zona más amplia de acumulación de restos, por lo que las características descritas para estas zonas de deshecho (Yellen, 1977; Binford, 1978; O'Connell et al., 1991; Stevenson, 1991) no parecen corresponderse con las encontradas en Aranbaltza II. Además, los materiales se encuentran mezclados con las arenas y no depositados como cabría esperar en materiales no mezclados.

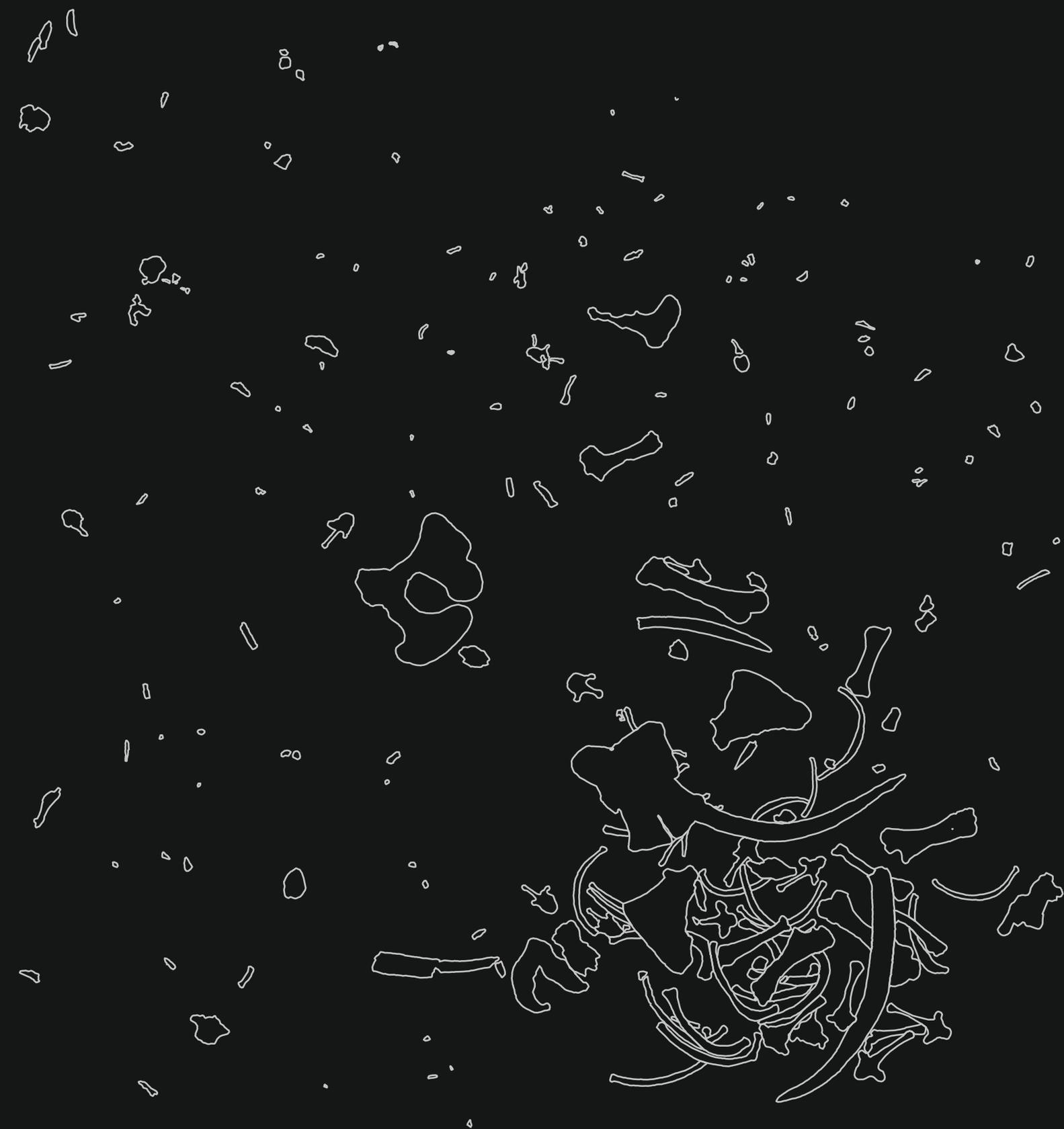
La segunda cuestión a tener en cuenta es que esa zona del este que queda completamente vacía de material podría corresponder a una distribución desigual de los materiales transportados. En caso de que se haya producido un aporte fluvial, es posible que esa zona más vacía de material pudiera corresponderse con uno de los laterales del flujo de aporte principal, produciéndose de esta manera una distribución no homogénea de los restos transportados. Otra de las cuestiones que podrían considerarse es que se trate de otro nivel, cuya matriz y origen sea el mismo pero cuya deposición se haya producido en un momento diferente a US4b, con la diferencia de que en uno sí hay material arqueológico y en el otro no.

De esta forma, el yacimiento de Aranbaltza II podría corresponder a algún tipo de concentración del estilo de los yacimientos mencionados, aunque con evidentes signos de alteración por procesos fluviales. Atendiendo únicamente al conjunto analizado, se ve una clara influencia por procesos naturales, los cuales a una escala mayor pueden ser poco significativos, pero que al prescindir de un área más amplia no se pueden valorar como tales.



# 6

# Conclusiones





La interpretación de los resultados obtenidos tras la aplicación de los diferentes métodos y herramientas de análisis explicados en esta Tesis Doctoral, ha permitido llegar a diversas conclusiones. La resolución de las problemáticas planteadas en cada uno de los yacimientos analizados, no solo han servido para contribuir a la interpretación de los mismos, sino también para profundizar a nivel metodológico en los análisis espaciales en yacimientos paleolíticos. Este trabajo ha permitido conocer con mayor detalle las distintas vías para la realización de un análisis espacial, así como las limitaciones y las posibilidades de cada uno de los métodos y herramientas.

El uso de los Sistemas de Información Geográfica junto con la estadística inferencial y los análisis de fábricas han resultado una buena combinación para abordar el estudio espacial de yacimientos paleolíticos. Las pruebas que se han realizado en este trabajo con diferentes datos, contextos y problemáticas han permitido profundizar en las ventajas, carencias y limitaciones de las distintas herramientas aplicadas.

No hay un protocolo establecido a seguir cuando se aborda el estudio espacial de un yacimiento, pero a lo largo de este trabajo sí se han podido comprobar algunas pautas en el flujo de trabajo que pueden ayudar a desarrollar dicho estudio. En primer lugar, es necesaria una delimitación vertical precisa del nivel o niveles a investigar mediante la estratigrafía y la arqueostratigrafía. Una vez delimitados los niveles, es importante aplicar un análisis que permita conocer la naturaleza agrupada, dispersa o aleatoriamente distribuida de los materiales (ANN, Chi-cuadrado, Kolmogorov-Smirnov o General G y Moran Global, en el caso de querer conocer el patrón de las variables), ya que en función del resultado obtenido se siguen unas vías u otras de trabajo. Para patrones dispersos o aleatorios, se debería proceder a analizar las causas de dicha dispersión, aplicando otros análisis al conjunto total de materiales que definen el nivel en estudio. No así para los patrones agrupados, ya que en este caso es necesario investigar la posición y las características de dichos grupos, para analizar cada grupo individualmente.

Uno de los primeros aspectos a analizar en los patrones agrupados es la dependencia espacial de las agrupaciones. Por ejemplo, la aplicación de la función K de Ripley permitiría conocer la distancia y el grado de agrupación de los datos, al igual que la autocorrelación espacial (Global Moran's I) o General G permitirán conocer el tipo de patrón de distribución de las variables analizadas. A continuación, se deben identificar las agrupaciones. Para ello, existen una serie de herramientas cuyas posibilidades diversifican el concepto de agrupación. En estos casos, hay que tener en cuenta que, el hecho de que los materiales se encuentren agrupados no implica que sean agrupaciones estadísticamente significativas, ya que depende de la variable a analizar y de la relación espacial aplicada. Estas herramientas, genéricamente conocidas como análisis *hotspots*, permiten conocer con mayor profundidad las agrupaciones, su localización, extensión y significancia

estadística. Es posible que haya agrupaciones estadísticamente significativas, o no. En este último caso, y ya que se ha visto que los materiales muestran un patrón agrupado, se podrían probar otras variables a ver si dan la clave de la agrupación. Otra de las posibilidades es que haya una mezcla, es decir: que se dé un patrón agrupado, pero no diferenciable por variables (como se ha visto en el caso de Aranbaltza II). En caso de que sí se haya dado una agrupación estadísticamente significativa, el siguiente paso sería seleccionar los datos que componen dicho conjunto y analizar con mayor profundidad las características de la variable que ha dado dicha agrupación. En este análisis, además de ver las propiedades de los materiales, se aplicarían los análisis de fábricas. Como se ha podido comprobar, es preferible, en la medida que los datos lo permitan, acompañar los análisis de orientación con los datos de pendientes, ya que no es lo mismo una orientación norte-sur con pendiente norte que una orientación norte-sur con pendiente sur.

En cuanto a cuestiones a destacar, se ha observado que hay ciertas incertidumbres en cuanto a la aplicación de ciertas herramientas SIG al análisis espacial de yacimientos arqueológicos. Como ejemplo, se han comprobado ciertas dificultades de entendimiento en el funcionamiento de algunos algoritmos. La idoneidad en la aplicación de unos valores u otros en ciertas herramientas se conoce a partir de probar y experimentar, pero siempre conociendo la naturaleza y limitaciones de los datos que se manejan. Por otra parte, al haber manejado tantos datos de sitios tan diferentes, se ha comprobado que los análisis espaciales siempre pueden aportar información relevante. La amplia variedad de análisis permite ajustarse a las distintas metodologías de excavación, pero siempre requiriendo que la toma de datos sea sistemática y rigurosa.

De esta forma, los datos manejados en esta Tesis Doctoral son muy variados, por lo que la aplicabilidad de unas herramientas de análisis u otras va a depender de la calidad de los datos y del objetivo que se persiga. En general, siempre se debe perseguir una fuerte cohesión entre los datos estratigráficos y los arqueológicos. El análisis espacial de un yacimiento resulta un complemento fundamental para los estudios arqueológicos, estratigráficos y tafonómicos, proporcionando información muy relevante del yacimiento y de la dinámica ha actuado en la formación del mismo.

Son muchas las herramientas y métodos explicados, los cuales podrán, ahora que ya se ha experimentado con ellos en el campo de la arqueología paleolítica, ser seleccionados para un uso idóneo en función de los datos que se manejen y el tipo de información que se quiera conocer. El uso de la estadística en el análisis espacial es un paso más de los muchos que se dan cuando se aborda el estudio de un yacimiento, y que permite ahondar más en los datos e identificar patrones, acumulaciones o estructuras que a simple vista, o con otros estudios no se han podido definir objetivamente.

Por primera vez, toda la información del yacimiento de **Ambrona**, la cual abarca más de 3000 m<sup>2</sup>, ha podido ser unificada y estudiada en su conjunto. El acceso a toda la documentación generada por el equipo C. Howell y L. Freeman (1962-1963, 1980, 1981 y 1983), ha permitido llevar a cabo la correlación de las investigaciones llevadas a cabo por dos equipos distintos con dos diferentes interpretaciones estratigráficas del sitio y con metodologías de excavación diversas. La georreferenciación de los planos de los materiales excavados y las secciones estratigráficas, la correlación de las estratigrafías interpretadas en las décadas de los 60 y los 80 con la estratigrafía actual y la realización de un estudio espacial completo de los conjuntos arqueopaleontológicos excavados, han permitido tener una visión más precisa e integrada de la formación del yacimiento de Ambrona.

Los análisis de densidad y orientación llevados a cabo con los materiales de los planos georreferenciados, constituyen una contribución inicial al estudio de los procesos de acumulación que afectaron a las concentraciones de los restos de grandes mamíferos. Actualmente, es posible definir y caracterizar las principales concentraciones presentes en Ambrona, las cuales muestran diferentes patrones de orientación, dependiendo de la unidad estratigráfica a la que pertenezcan. Este hecho sugiere que los patrones de acumulación están muy estrechamente relacionados con las unidades estratigráficas. Los análisis de orientación muestran que la mayoría de las concentraciones muestran patrones de orientación preferencial. La exposición y la orientación debido a procesos naturales pudieron haber sido más intensos para aquellas concentraciones localizadas en los bordes u orilla de la laguna (CNAmb, TG, MiS, C1, C3, C4). La concentración identificada en una zona más central de la laguna (Alpha), muestra un patrón de orientación aleatorio que parece apuntar que no fue afectada por ningún proceso de orientación durante el proceso de acumulación. La concentración Alpha, el esqueleto casi completo de un elefante, se encuentra localizada en una zona más profunda de la laguna, donde los huesos no debieron estar expuestos durante un prolongado periodo de tiempo debido a la rápida sedimentación. Esto es consistente con los datos obtenidos por los estudios tafonómicos publicados. Los análisis tafonómicos realizados sobre los conjuntos a los que ha sido posible llevar este tipo de estudios muestran que, aquellas acumulaciones en las que se han identificado patrones orientados, han estado más expuestas a procesos postdeposicionales (MiS) que aquellas acumulaciones en las que se han detectado patrones aleatorios.

En el caso de **Amalda**, parece que los datos apuntan a que el nivel VII puede corresponder a una ocupación, u ocupaciones, ocasional, temporal y de corta duración. Estas ocupaciones se habrían visto afectadas por la presencia de carnívoros, los cuales parece que aprovecharon los restos dejados por los humanos, ya que se tienen evidencias de la presencia de restos quemados en la

zona de máxima acumulación de restos alterados por carnívoros. Por otra parte, la presencia de agrupaciones claramente diferenciadas según el tipo de material, podría plantear tres posibles escenarios:

1. Zonas diferenciadas por el tipo de actividad desarrollada. El conjunto CF2 representa la zona de máxima concentración de restos de fauna, lo cual podría deberse al desarrollo de actividades de explotación de recursos. Esta concentración se encontraría estrechamente vinculada al conjunto CL1, donde se da la máxima concentración de restos líticos, la cual, además, representa la mayor acumulación de restos de tamaño reducido. En una zona más interior, coincidiendo con la localización del conjunto CF1, podría haberse emplazado el hogar, en una zona más interior y protegida, como se ha podido observar en otros yacimientos donde los hogares se encuentran en posiciones más interiores (Martínez and Rando, 2001; Vaquero and Pastó, 2001; Vaquero et al., 2004, 2012a, 2012b, 2015, 2017; Vallverdú et al., 2005, 2010; Modolo and Rosell, 2016; Bargalló et al., 2016; Gabucio et al., 2018, *inter alia*). De esta forma, podrían diferenciarse dos zonas: una más exterior, donde se habría llevado a cabo una explotación más intensa de los recursos; y otra interior, que podría correlacionarse con una zona más doméstica, alejada de donde se habría llevado a cabo el aprovechamiento de los recursos (Martínez and Rando, 2001; Vaquero and Pastó, 2001; Rolland, 2004; Vallverdú et al., 2010; Twomey, 2011, 2013, 2014; Carbonell et al., 2012; Vaquero et al., 2012a, 2012b, 2015; Wiessner, 2014; Blasco et al., 2016).
2. Los conjuntos CF2 y CL1 representarían la zona principal de actividad antrópica, donde se habrían llevado a cabo las labores de explotación y procesado de recursos. Por otra parte, la zona CF1 podría corresponder al desplazamiento de restos dejados por los humanos a los que los carnívoros habrían accedido, trasladándolos hacia una zona más protegida donde los habrían consumido (Sañudo et al., 2012; Camarós et al., 2013). Estos restos aprovechados mostrarían evidencias de manipulación antrópica (quemados, marcas de corte o fracturación en fresco), ya que habrían sido desplazados para su aprovechamiento desde la zona de principal actividad antrópica.
3. Otro posible escenario es que la zona principal de acumulación de los restos de fauna hubiera sido CF1, donde se habrían llevado a cabo las labores de explotación y consumo asociadas a un hogar, de ahí que se encuentre en esta zona la máxima acumulación de restos quemados. Y que los restos más pequeños, hubieran sido desplazados por pequeños regueros de agua hacia la zona donde actualmente se encuentra el conjunto identificado como CF2, generando de esta forma una acumulación de restos derivada. Como se puede ver en el caso de la fauna, es en esta zona donde se da la mayoría de

restos afectados por este agente, algo que no se ha identificado en el caso de la industria lítica. En este caso, es de destacar que no se han detectado evidencias que demuestren la presencia de regueros de agua en el registro sedimentario disponible.

La presencia de carnívoros es evidente, aunque parece que la intervención pudo ser discreta. Como se ha visto, los carnívoros se revuelcan, desplazan los materiales, escarban, etc., alterando enormemente la posición inicial de los restos. Si la intervención de los carnívoros hubiera sido intensa, existe una alta probabilidad de que no se hubieran mantenido las dos zonas de mayor concentración de restos tan bien diferenciadas.

En el caso de la presencia de agua, hay evidencias de alteración por este agente, tanto en los restos de fauna como de industria lítica, aunque no sabemos si esa alteración por agua pudo deberse al paso de agua corriente (como un reguero) o simplemente a la presencia de zonas de mayor humedad, tal vez asociadas a puntos de goteo, algo típico en las cuevas. En las descripciones de la estratigrafía de Altuna et al. (1990) no se hace referencia a la presencia de niveles que indiquen la presencia de corrientes de agua, por lo que esta opción no puede contrastarse. Además, el conjunto lítico no muestra sesgos o selección en cuanto a las formas de las piezas, habiendo una gran variabilidad de formas y sin destacar unas sobre otras.

De esta forma, parece que la opción más plausible es que Amalda refleje en un asentamiento temporal, en el que se habrían podido llevar a cabo actividades concretas y con presencia de carnívoros, los cuales no habrían alterado demasiado el registro antrópico aunque sí puede que se hubiera dado un aprovechamiento de los recursos abandonados.

Por su parte, en el yacimiento de **Aranbaltza II** se encuentra una distribución de material bastante homogénea (tras la proyección de los materiales PS frente a los PR), aunque caracterizada por unas *estructuras* que muestran una mayor concentración de restos respecto al resto del yacimiento. En cuanto a su patrón espacial, se encuentran bien delimitadas, con una morfología circular o lobular y en las que las piezas contenidas muestran un patrón de orientación y pendiente sin direcciones significativas y con un marcado componente isótropo. Tampoco se observa una selección por tamaños ni forma, así como tampoco una organización direccional definida. Además, se puede apreciar que los materiales no muestran apenas alteración. Al comparar el yacimiento de Aranbaltza II con otros yacimientos al aire libre chatelperronienses, que también se encuentran en contextos de valle, se observa que el patrón de acumulación de materiales es muy similar al que se encuentra en Aranbaltza II. Sin embargo, la ausencia de análisis espaciales similares a los de este trabajo no permite cuantificar dicha similitud. En Aranbaltza II, el factor escala, definido por la escasa superficie analizada, limita

precisar si la acumulación de materiales en este punto del yacimiento se debe a un factor mayormente antrópico. De forma preliminar, y a falta de más datos de excavación, los procesos que interpretamos para estas concentraciones tan características de Aranbaltza II podrían corresponder a flujos aluviales con baja capacidad de selección, organización y abrasión de los materiales.

La buena preservación de las piezas puede haberse debido a que el transporte fue de corta distancia y además envuelto en matriz arenosa, lo que no habría generado suficiente abrasión como para alterar las piezas (Schick, 1984). El transporte de corta distancia estaría apoyado, no solo por el aspecto tan fresco ya mencionado, sino porque no se da una selección de materiales por tamaño. En caso de que la distancia hubiera sido más larga, es posible que se hubiese producido una selección por tamaños, de forma que los restos de mayor tamaño se hubieran quedado en posiciones más iniciales, mientras que las piezas más pequeñas hubieran viajado más lejos.

Por último, es importante destacar la escasa orientación de las piezas. Como ya se ha mencionado anteriormente, Aranbaltza II pudo verse condicionada por el trasiego de los camiones que trabajaban en la cantera y que pasaban por el lado oeste del yacimiento. De esta forma, es posible que los materiales se hayan visto, en cierta forma, influenciados por esa deformación generada *a posteriori*. En el caso de la pendiente del depósito (NW-SE), es posible que se encuentre en relación con la propia orientación del valle del Urgozo, la cual también es NW-SE. Los materiales contenidos en las estructuras descritas muestran un patrón diferente al obtenido al analizar todos los materiales, ya que estas acumulaciones parecen corresponder a procesos concretos, aunque también de carácter fluvial.

Como conclusión global al trabajo desarrollado en esta Tesis Doctoral, se han podido cumplir los objetivos marcados en un inicio, ya que se han investigado yacimientos muy diversos (contextos, cronologías, medios sedimentarios, métodos de excavación, etc.) a través de la aplicación de técnicas que han combinado diferentes herramientas y métodos de análisis. Además, se han podido incorporar nuevos elementos que han resultado de gran importancia en la interpretación de los resultados, como la reconstrucción de las paleogeografías. Los resultados obtenidos han resultado muy relevantes para la identificación e interpretación de los procesos de formación de los yacimientos, incluso en aquellos en los que se han podido integrar datos procedentes de excavaciones antiguas. Asimismo, se ha podido demostrar la viabilidad técnica del método de análisis espacial en extensiones muy reducidas, aunque la ausencia de datos determinantes, como en otras parcelas de la arqueología, limita las interpretaciones.

The interpretation of the results obtained after the application of the different methods and analysis tools explained in this Ph.D. have allowed us to reach several conclusions. The spatial analysis in each site has been useful not only to contribute to their interpretation, but also to delve into the methodology of the spatial analysis in archaeology.

The application of the Geographic Information Systems together with the inferential statistics and fabric analysis have result a good combination to address the spatial study of Paleolithic sites. The tests run with different data, contexts and issues have allowed going in depth in the possibilities of these analysis, knowing the advantages, lacks and constraints of the different tools applied.

There is not an established protocol to follow when a spatial study is considered, but throughout this work we have verify some paths in the work flow that they can be useful in the developing of this research. First of all, it is necessary an accurate vertical delimitation of the level or levels under the analysis by the stratigraphy or archaeostratigraphy. Once they are delimited, it is important to select an analysis that allow to know if the materials are clustered, dispersed or randomly distributed (ANN, Chi-squared, Kolmogorov-Smirnov or General G and Moran Global, in case that we want to know the distribution pattern of the variables), because, depending on the results obtained, different procedures should be applied. In case of dispersed or random patterns, it should be analyzed the causes of this dispersion, applying other analyses to the whole assemblage that define the level under study. This is not the case for the clustered patterns. In this last instance, it is necessary to identify the position and the characteristics of the groups identified, in order to analyze each group individually.

One of the first aspects for analyzing the clustered patterns is the spatial dependency of the groups. For example, the application of the K Ripley's function would allow to calculate the distance and the cluster degree of the data, just like the spatial autocorrelation (Global Moran's I) or General G allow to know what kind of distribution pattern is for the analyzed variables. For this, there is a battery of tools whose possibilities diversify the concept of grouping. In these cases, it is important to keep in mind that the fact of the materials are grouped does not imply that the clusters are statistical significant, because it depends on the variable to analyze and the spatial relationship applied. These tools, generically known as hotspots analysis, allow to know in detail the clusters, as well as their spatial location, extension and statistical significance. It is possible that the clusters are statistically significant, or not.

In the latter case, if we have previously seen that the pattern is clustered, it could be try other variables to see if they give us the key of the accumulation of materials. Other possibility is that there is a mixture: a clustered pattern that it is not distinguishable by the variables (as we have seen in the case of Aranbaltza II).

If there is a statistically significant cluster, the next step would be to select the data that compound it and to analyze in detail the characteristics of the variable that have generated this cluster. In this analysis, besides of examining the properties of the materials, it would be apply the fabric analysis. As we have seen, it is preferable, as much as possible with the data available, to work with the orientation analysis and the slope data jointly, because a north-south orientation with north slope is not the same than a north-south orientation with south slope.

As regards issues to point out, it has been observed that there exist some uncertainties related to the application of certain GIS tools to the spatial analysis of Paleolithic sites. As an example, we have noted some difficulties in the understanding of how some algorithms work. The suitability in the application of one value or other in determined tools it has been known through tests and experiments, but always with a deep knowledge of the properties and limits of the data managed. Furthermore, since the data handled are from such different sites, it has been demonstrated that spatial analysis can always provide relevant information. This wide variety of analysis available allows to adjust the study to the different excavation methodologies, but always requiring a systematic and rigorous data record.

In this way, the data managed in this Ph. D are very varied, so the applicability of some analysis tools or others will depend on the quality of the data and the final aim. In general terms, it is necessary to reach a strong cohesion between the stratigraphic and archaeological data. The spatial analysis of sites emerge as a essential complement for the archaeological, stratigraphic and taphonomic studies, providing very relevant information about the dynamics that have acted in the formation of the site.

Many tools and methods have been explained, which may, now they have been already experimented in the field of the Paleolithic archaeology, be selected for an appropriate use according to the data managed and the type information required. The use of statistics in spatial analysis is one more step of the many that are given when the study of a site is addressed. It allows to delve into the data and to identify patterns, accumulations or structures that at first sight, or with other studies, were not possible to define objectively.

For the first time, all the available information from the **Ambrona** site, which is more than 3000 m<sup>2</sup>, has been unified and studied in whole. The access to all the documentation generated by the C. Howell and L. Freeman team (1962-1963, 1980-1981, 1983) has made it possible to correlate the investigations carried out by two different teams, with different stratigraphic interpretations of the site, as with different excavation methodologies. Georeferencing all the maps of the excavated materials and the stratigraphic sections, correlating the sections interpreted in the 1960s and 1980s with the current stratigraphy, and conducting

a complete spatial study of the assemblages have enabled us to have a more accurate and integrated view of the formation processes that occurred at Ambrona.

The density and orientation analyses carried out constitute an initial contribution to the study of the accumulation processes that affected the concentrations of large mammal remains. Currently, we are able to define and to characterize the main Ambrona concentrations, which display different orientation patterns, depending on which stratigraphic unit they are in. This fact suggests that the accumulation patterns are closely linked to the stratigraphic units. The orientation analyses show that most of the concentrations display preferred orientation patterns. Exposure and orientation by natural processes may have been more intense for concentrations located in shore areas of the wetland (CNAmb, TG, MiS, C1, C3, C4). On the contrary, the concentration identified in a more central part of this wetland (Alpha concentration) shows random orientation pattern, which seems to indicate that it did not undergo by any orientation processes during its accumulation.

The Alpha assemblage, a nearly whole elephant skeleton, is located in the deeper part of the pond, where the bones were quickly buried and preserved by rapid sedimentation. This is consistent with the data obtained by published taphonomic studies, which show that the oriented accumulations had been more subjected to postdepositional processes (MiS) than those with random orientation patterns.

In the case of the **Amalda** site, the results seem to indicate that the level VII corresponds to an occasional, temporary and short-term human occupation, or occupations. These occupations would have been affected by the presence of carnivores, since there are evidences of burnt remains in the area of maximum accumulation. On the other hand, the presence of groups clearly differentiated according to the type of material, could lay out three possible scenarios:

1. Zones differentiated by the activity developed. The CF2 cluster represents the maximum concentration of faunal remains, which could be due to the development of activities related to the exploitation of resources. This accumulation would be closely connected to the CL1 cluster, where the maximum concentration of lithic remains is located. This cluster is also the densest accumulation of smaller remains. In an inner and protected zone of the cave, coinciding with the location of the CF1 cluster, the hearth could have been placed, as it has been observed in other sites (Martínez and Rando, 2001; Vaquero and Pastó, 2001; Vaquero et al., 2004, 2012a, 2012b, 2015, 2017; Vallverdú et al., 2005, 2010; Modolo and Rosell, 2016; Bargalló et al., 2016; Gabucio et al., 2018, *inter alia*). In this way, two zones could be differentiated: one located in an outer position, where a more intense exploitation of resources would have been carried out; and an inner zone, which could be correlated with a domestic area, away from the zone of the

exploitation of resources (Martínez and Rando, 2001; Vaquero and Pastó, 2001; Rolland, 2004; Vallverdú et al., 2010; Twomey, 2011, 2013, 2014; Carbonell et al., 2012; Vaquero et al., 2012a, 2012b, 2015; Wiessner, 2014; Blasco et al., 2016).

2. The CF2 and CL1 clusters would represent the main area of anthropic activity, where the exploitation and processing of resources would have been carried out. On the other hand, the CF1 zone could correspond to the displacement of the remains left by humans. The carnivores would have been accessed to these remains, transporting them towards a more protected zone where they would have consumed them (Sañudo et al., 2012; Camarós et al., 2013). These remains would show evidences of anthropic manipulation (burnt, cut marks or fresh fractures), because they would have been displaced them for their consumption from the main zone of human activity.
3. Other possible scenario is that the main accumulation zone of faunal remains would have been CF1, where the activities of exploitation and consumption related to the hearth would have been developed. This could be the reason of the maximum accumulation of burnt remains in this zone. Also, the smaller remains would have been transported by little flows towards to the zone where currently is the CF2 cluster placed, creating in this way a derived accumulation. As we can see in the case of the fauna, the majority of bones affected by water is located in this zone, something that has not been identified in the case of the lithic industry. However, it is important to emphasize that no evidence of water currents have been detected in the available sedimentary record.

The presence of carnivores is evident, although it seems that their intervention could have been discrete. As we have previously seen, the carnivores rubbed themselves, displace and transport the materials, etc. (Camarós et al., 2013), generating important modifications in the initial position where the remains were left. If the intervention of carnivores had been intense, there is a high probability that the two well-differentiated areas of high concentration of materials would not have been conserved.

There are some evidences of alteration by water, both the faunal remains and lithic industry, although we do not know if this alteration by water could have been due to a water flows (small and ephemeral) or to zones with more humidity, maybe associated to dripping points, something quite common in caves. In the descriptions made by Altuna et al. (1990) there are no references that suggest the presence of water flows, so this option cannot be confirmed. In addition, it is important to emphasize that the lithic assemblage does not show any sorting or selection by shape or size.

Thus, it seems that the most valuable option is that Amalda site reflects a temporal settlement, where specific and specialized activities by humans would have been carried out. Carnivores have been also documented in Amalda, but it seems that these animals would have not highly altered the anthropic accumulation. Nevertheless, it is possible that they had got access to the resources previously left by the humans.

In the case of the **Aranbaltza II** site, there is a quite homogeneous distribution of materials (after the projection of the PS remains regarding to the PR remains), characterized by some structures that show a denser accumulation of remains in comparison with the rest of the site. Regarding to the spatial pattern, these structures are well delimited, with a circular or lobular morphology, random orientation pattern and highly isotropic fabrics. Also, there is no a strong evidence of sorting by size or shape, or a defined directional organization. In addition, the materials barely show alteration. When we compare Aranbaltza II with other chatelperronian open-air sites, which are also located in valley contexts, it is observed that the accumulation pattern is very similar than those we found in Aranbaltza II. However, the scale factor limits the interpretation whether the accumulation of materials in this point of the site is due to anthropic causes. Preliminary, the processes that we interpret for the concentrations of materials would correspond to alluvial flows with low capacity of organization, sorting and abrasion.

The good preservation of the pieces would have been due to a short-distance transport and because they were in sandy matrix, which would have not abrasion enough to alter the lithic remains (Schick, 1984). The short-distance transport would be supported, not only for the good conservation of the lithic materials, but because there is not a selection of materials by shape. In case that the distance would have been longer, it is possible that there was a selection by shape, being the bigger pieces in initial positions, while the smaller ones would have been displaced more far away.

Finally, it is important to emphasize in the non-oriented pattern of the pieces. As we previously pointed out, Aranbaltza II could have been conditioned by transfer of the trucks that worked in the quarry and that passed through the west side of the site. For this reason, it is possible that the materials were, in a certain way, affected by this deformation generated *a posteriori*. In the case of the slope of the deposit (NW-SE), there exists a relationship with the orientation of the Urgozo valley, which is also NW-SE. The materials contained in the structures described show a different orientation pattern than those obtained in the rest of the site, because it seems that the structures correspond to specific processes, although they could be also fluvial in origin.

As general conclusion to the work developed in this Ph. D, the objectives exposed at the beginning of this study have been achieved, since very diverse sites (contexts, depositional environment, excavation methodologies, etc.) have been investigated through the application of techniques that have been combined with different tools and methods of analysis. In addition, new elements have been added, which they have been resulted very important in the interpretation of the results, such as the reconstruction of the paleogeographies. The results obtained have been really significant for the identification and interpretation of the site formation processes, even in those where data from ancient excavations have been incorporated. Likewise, the application of spatial analysis to reduced extensions is possible, although the uncertainties increase in records with scarce data or without determinant data.

7

# Bibliografía





- Aguirre, E. and Fuentes, C (1969). Los vertebrados fósiles de Torralba y Ambrona. *Etudes sur le Quaternaire dans le Monde. VIII Congrès INQUA*, pp. 433-437.
- Aguirre, E. (1989). Ambrona y Torralba. In Argente J. L. (Eds): *Diez años de arqueología soriana*. Museo Numantino, Soria, pp. 22-36.
- Aguirre Ruiz, M. (2010). Zabaletxe. I Campaña. *Arkeoikuska 2009*, 212-220.
- Albert, R. M., Berna, F. and Goldberg, P. (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* 247, 278-293.
- Alcalde del Río, H., Breuil, H. and Sierra, L. (1911). *Les cavernes de la région cantabrique (Espagne)*. A. Chêne, Monaco.
- Aldenderfer, M. (1981). Computer simulation for archaeology: An introductory essay. In Sabloff, J. (Ed.): *Simulations in archaeology*. University of New Mexico Press, Albuquerque.
- Alconini, S. (2004). The southeastern Inka frontier against the Chiriguanos: Structure and dynamics of the Inka imperial borderlands. *Latin American Antiquity* 15, 389-418.
- Alperson-Afil, N., Sharon, G., Kislev, M., Melamed, Y., Zohar, I., Ashkenazi, R., Biton, R., Werker, E., Hartman, G., Feibel, C. and Goren-Inbar, N. (2009). Spatial organization of hominin activities at Gesher Benot Ya'aqov, Israel. *Science* 326, 1677-1680.
- Alperson-Afil, N. (2017). Spatial analysis of fire: Archaeological approach to recognizing early fire. *Current Anthropology* 58(suppl. 16), 258-266.
- Altuna, J., Baldeón, A. and Mariezkurrena, K. (1985). Cazadores magdalenenses en la cueva de Erralla (Cestona, País Vasco). *Munibe* 37, 7-206.
- Altuna, J. (Ed.) (1990). *La cueva de Amalda (Zestoa, País Vasco). Ocupaciones paleolíticas y postpaleolíticas*. Monografía. Colección Barandiarán 4.
- Altuna, J. and Mariezkurrena, K. (2010). Tafocenosis en yacimientos del País Vasco con predominio de grandes carnívoros. Consideraciones sobre el yacimiento de Amalda. In Baquedano, B. and Rosell, J. (Eds.): *Actas de la I reunión de científicos sobre cubiles de hienas (y otros grandes carnívoros) en los yacimientos arqueológicos de la Península Ibérica*. *Zona Arqueológica* 13, pp. 214-228.
- Álvarez-Alonso, D. and Arrizabalaga, A. (2012). La secuencia estratigráfica inferior de la cueva de Lezetxiki (Arrasate, País Vasco). Una reflexión necesaria. *Zephyrus* 69, 15-29.

- Ammerman, A., Kintigh, K. and Simek, J. (1983). Recent developments in the application of the k-means approach to spatial analysis. IV International Flint Symposium. Brighton, England.
- Areso, P., Aranzasti, M., Olaskoaga, M. and Uriz, A. (1990). Sedimentología de la cueva de Amalda. In Altuna, J. (Ed.): La cueva de Amalda (Zestoa, País Vasco). Ocupaciones paleolíticas y postpaleolíticas. Monografía. Colección Barandiarán 4, pp. 33-48.
- Arévalo, J. R. and Fernández-Palacios, J. M. (2003). Spatial patterns of trees and juveniles in a laurel forest in Tenerife, Canary Islands. *Plant Ecology* 165, 1-10.
- Arilla, M., Rosell, J., Blasco, R., Domínguez-Rodrigo, M. and Pickering, T.R. (2014). The “Bear” essentials: Actualistic research on *Ursus arctos arctos* in the Spanish Pyrenees and its implications for paleontology and archaeology. *PLoS ONE* 9 (7), doi: 10.371/journal.pone.0102457.
- Arilla, M., Rosell, J. and Blasco, R. (2018). Contributing to characterize wild predator behavior: Consumption pattern, spatial distribution and bone damage on ungulate carcasses consumed by red fox (*Vulpes vulpes*). *Archaeological and Anthropological Sciences*, doi: 10.1007/s12520-018-0675-x.
- Arrizabalaga, A. (1995). La industria lítica en el Paleolítico Superior Inicial en el Oriente Cantábrico. Tesis doctoral inédita. Universidad del País Vasco.
- Arrizabalaga, A. and Iriarte, M. J. (2004). Automatización en la captación de datos para visualizar dispersiones microespaciales. *Cuadernos de Sección. Prehistoria-Arqueología* 5, 141-159.
- Bachellerie, F., Bordes, J.-G., Morala, A. and Pelegrin, J. (2007). Etude typotechnologique et spatiale de remontages lithiques de Canaule II, site châtelperronien de plein-air en Bergeracois (Creysse, Dordogne). *Paléo* 19, 259-280.
- Bachellerie, F. (2011). Quelle unité pour le Châtelperronien? Apport de l'analyse taphonomique et techno-économique des industries lithiques de trois gisements aquitains de plein air: Le Basté, Bidart (Pyrénées-Atlantiques) et Canaule II (Dordogne). Thesis Doctoral, L'Université Bordeaux I.
- Badgley, C. (1986a). Counting individuals in mammalian fossil assemblages from fluvial environments. *Palaios* 1(3), 328-338.
- Badgley, C. (1986b). Taphonomy of mammalian fossil remains from Siwalik Rocks of Pakistan. *Paleobiology* 12, 119-142.

- Badgley, C. and Behrensmeyer, A. K. (1980). Paleocology of Middle Siwalik sediments and faunas, North Pakistan. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology* 30, 133-155.
- Baena, J., Carrión, E., Ruiz Zapata, B., Sesé, C., Yravedra, J., Jordá, J., Báñez, S., Uzquiano, P., Velásquez, R. and Manzano, I. (2005). Paleología y comportamiento humano durante el Pleistoceno Superior en la comarca de Liébana. In Lasheras, J. and Montes, R. (Eds.): *Neandertales cantábricos. Estado de la cuestión*. Museo Nacional de Altamira, vol. 2, pp. 461-487.
- Baena, J., Carrión, E., Cuartero, F. and Fluck, H. (2012). A chronicle of crisis: The Late Mousterian in north Iberia (Cueva de El Esquilleu, Cantabria, Spain). *Quaternary International* 247, 199-211.
- Baker, P. (1977). *Techniques of archaeological excavation*. Batsford, London.
- Baldeón, A. (1990). Las industrias de los niveles paleolíticos. In Altuna, J. (Ed.): *La cueva de Amalda (Zestoa, País Vasco). Ocupaciones paleolíticas y postpaleolíticas*. Monografía. Colección Barandiarán 4, pp. 63-115.
- Baldeón, A. (1993). El yacimiento de Lezetxiki (Gipuzkoa, País Vasco). Los niveles musterienses. *Munibe* 45, 3-97.
- Barandiarán, J. M. (1934). *El hombre primitivo en el País Vasco*. Ciencias, Bellas Artes y Letras, nº 3. Editorial Itxaropena, Zarautz.
- Barandiarán, J. M. (1946). *Catalogue des Stations préhistoriques des Pyrénées basques*, *Ikuska* I, 24-40.
- Barandiarán, J.M, Aguirre, A. and Grande, M. (1960). Estación de Kurtzia (Barrica-Sopelana). Servicio de Investigaciones Arqueológicas de la Excm. Diputación Provincial de Vizcaya, Bilbao.
- Barandiarán, J.M. (1980). Excavaciones en Axlor. 1967-1974. In Barandiarán, J.M. (Ed.): *Obras Completas de José Miguel de Barandiarán, Tomo XVII. La Gran Enciclopedia Vasca*, pp. 127-384.
- Bargalló, A., Gabucio, M. J. and Rivals, F. (2016). Puzzling out a palimpsest: Testing an interdisciplinary study in level O of Abric Romaní. *Quaternary International* 417, 51-65.
- Barkai, R., Rosell, J., Blasco, R. and Gopher, A. (2017). Fire for a reason: Barbecue at Middle Pleistocene Qesem Cave, Israel. *Current Anthropology* 58 (suppl. 16), 314-328
- Bar-Yosef, O., Vandermeersch, B., Arensburg, B., Belfer-Cohen, A., Goldberg, P., Laville, H., Meignen, L., Rak, Y., Speth, J. D., Tchernov, E., Tillier, A.-M. & Weiner,

- S. (1992). The excavations in Kebara Cave, Mt Carmel. *Current Anthropology* 33, 497-550.
- Bassinot, F.C., Labeyrie, J.D., Vincent, E., Quidelleur, X., Shackleton, N.J. and Lancelot, Y. (1994). The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal. *Earth and Planetary Science Letters* 126, 91-108.
- Baxter, M. J., Beardah, C. C. and Wright, R. V. S. (1997). Some archaeological applications of Kernel density estimates. *Journal of Archaeological Science* 24, 347-354.
- Baxter, M. J. (2003). *Statistics in Archaeology*. London: Arnold.
- Baxter, M. J. (2015). *Spatial k-means clustering in archaeology – Variations on a theme*. Nottingham Trent University, UK.
- Behrensmeyer, A. K. (1975). The taphonomy and paleoecology of Plio-Pleistocene vertebrate assemblages East of Lake Rudolf, Kenya. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 146(10), pp. 473-578.
- Behrensmeyer, A. K. (1978). Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology* 4(2), 150-162.
- Behrensmeyer, A. K. (1982). Time resolution in fluvial vertebrate assemblages. *Paleobiology* 8(3), 211-227.
- Behrensmeyer, A. K. (1988). Vertebrate preservation in fluvial channels. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 63, 183-199.
- Bermúdez de Castro, J.M. and Sáenz de Buruaga, A. (1997). Étude Préliminaire du site Pléistocène Supérieur à hominidé d'Arrillor (Pays Basque, Espagne). *L'Anthropologie* 103, 633-639.
- Bertran, P. and Texier, J. P. (1995). Fabric analysis: Application to palaeolithic sites. *Journal of Archaeological Science* 22, 521-535.
- Bertran, P. and Lenoble, A. (2002). Fabriques des niveaux archéologiques: Méthode et premier bilan des apports à l'étude taphonomique des sites paléolithiques. *Paleo* 14, 13-28.
- Bertran, P., Lenoble, A., Todisco, D., Desrosiers, P. M. and Sørensen, M. (2012). Particle size distribution of lithic assemblages and taphomy of Palaeolithic sites. *Journal of Archaeological Sciences* 39, 3148-3166.

- Benito-Calvo, A., Pérez-González, A. and Santonja, M. (1998). Terrazas rocosas, aluviales y travertínicas del valle alto del río Henares (Guadalajara, España). *Geogaceta* 24, 55-58.
- Benito-Calvo, A. (2004). Análisis geomorfológico y reconstrucción de paleopaisajes neógenos y cuaternarios en la Sierra de Atapuerca y el valle medio del río Arlanzón. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Benito-Calvo, A., Pérez-González, A. and Parés, J. M. (2008). Quantitative reconstruction of late Cenozoic landscapes: A case study in the Sierra de Atapuerca (Burgos, Spain). *Earth Surface Processes and Landforms* 33, 196–208. doi:10.1002/esp.1534
- Benito-Calvo, A., Martínez-Moreno, J., Jordá Pardo, J.F., De la Torre, I. and Mora Torcal, R. (2009). Sedimentological and archaeological fabrics in Palaeolithic levels of the South-Eastern Pyrenees: Cova Gran and Roca dels Bous sites (Lleida, Spain). *Journal of Archaeological Science* 36, 2566-2577.
- Benito-Calvo, A., Martínez-Moreno, J., Mora, R., Roy, M. and Roda, X. (2010). Trampling experiments at Cova Gran de Santa Linya, Pre-Pyrenees, Spain: Their relevance for archaeological fabrics of the Upper-Middle Palaeolithic assemblages. *Journal of Archaeological Science* 38, 3652-3661.
- Benito-Calvo, A. and De la Torre, I. (2011). Analysis of orientation patterns in Olduvai Bed I assemblages using GIS techniques: Implications for site formation processes. *Journal of Human Evolution* 61, 50-60.
- Benito-Calvo, A. and Pérez-González, A. (2015). Geomorphology of the Sierra de Atapuerca and the Middle Arlanzón Valley (Burgos, Spain). *Journal of Maps* 11(4), 535-544.
- Benito-Calvo, A., Carvalho, S., Arroyo, A., Matsuzawa, T. and De la Torre, I. (2015). First GIS analysis of modern stone tools used by wild Chimpanzees (*Pan troglodytes verus*) in Bossou, Guinea, West Africa. *PLoS ONE* 10(3): e0121613, doi: 10.1371/journal.pone.0121613.
- Benito-Calvo, A., Arroyo, A., Sánchez-Romero, L., Pante, M. and De la Torre, I. (2017). Quantifying 3D micro-surface changes on experimental stones used to break bones and their implications for the analysis of Early Stone Age pounding tools. *Archaeometry* 60, 419-436.
- Benito-Calvo, A., Crittenden, A. N., Livengood, S. V., Sánchez-Romero, L., Martínez-Fernández, A., De la Torre, I. and Pante, M. (2018). 3D 360° Surface morphometric analysis of pounding stone tools used by Hadza foragers in Tanzania: A new methodological approach for studying percussive stone artefacts. *Journal of Archaeological Science: Reports* 20, 611-621.

- Benn, D. I. (1994). Fabric shape and the interpretation of sedimentary data. *Journal of Sedimentary Research* A64 (4), 910-915.
- Benn, D. I. and Ringrose, T. J. (2001). Random variation of fabric eigenvalues: Implications for the use of a-axis fabric data to differentiate till facies. *Earth Surface Processes and Landforms* 26, 295-306.
- Bernatchez, J. A. (2010). Taphonomic implications of orientations of plotted finds from Pinnacle Point 13B (Mossel Bay, Western Cape Province, South Africa). *Journal of Human Evolution* 59, 274-288.
- Bertran, P. and Texier, J. P. (1995). Fabric Analysis: Application to Paleolithic sites. *Journal of Archaeological Science* 22, 521-35.
- Bertran, P., Héту, B., Texier, J.P. and Van Steijn, H. (1997). Fabric characteristics of subaerial slope deposits, *Sedimentology* 44, 1-16.
- Bertran, P. and Lenoble, A. (2002). Fabriques des niveaux archeologiques: methode et premier bilan des apports a l'étude taphonomique des sites paleolithiques. *Paleo* 14, 13-28.
- Beyer, H. L. (2004). Hawth's Analysis Tools for ArcGIS. Available at <http://www.spatial ecology.com/htools>.
- Binford, L. R. (1978). *Nunamiut ethnoarchaeology*. Academic Press.
- Binford, L. R. (1981a). Behavioral archaeology and the Pompeii Premise. *Journal of Anthropological Research* 37, 195-208.
- Binford, L.R. (1981b). *Bones: Ancient Men and Modern Myths*. Academic Press, New York.
- Binford, L. R. (1983). In *Pursuit of the Past. Decoding the Archaeological Record*. Thames and Hudson.
- Blankholm, H. P. (1991). *Intrasite spatial analysis in theory and practice*. Aarhus: Aarhus University Press.
- Blasco, R., Rosell, J., Arsuaga, J. L., Bermúdez de Castro, J. M. and Carbonell, E. (2010). The hunted hunter: The capture of a lion (*Panthera leo fossilis*) at the Gran Dolina site, Sierra de Atapuerca, Spain. *Journal of Archaeological Science* 37, 2051-2060.
- Blasco, R., Rosell, J., Domínguez-Rodrigo, M., Lozano, S., Pastó, I., Riba, D., Vaquero, M., Fernández Peris, J., Arsuaga, J. L., Bermúdez de Castro, J. M. and Carbonell, E. (2013). Learning by Heart: Cultural patterns in the fauna processing sequence

- during the Middle Pleistocene. *PLoS ONE* 8(2), doi:10.1371/journal.pone.0055863.
- Blasco, R., Rosell, J., Barkai, R. and Gopher, A. (2014). Subsistence economy and social life: A zooarchaeological view from the 300 ka central hearth at Qesem Cave, Israel. *Journal of Anthropological Archaeology* 35, 248-258.
- Blasco, R., Rosell, J., Sañudo, P., Gopher, A. and Barkai, R. (2016). What happens around a fire: Faunal processing sequences and spatial distribution at Qesem Cave (300 ka), Israel. *Quaternary International* 398, 190-209.
- Blumenschine, R.J. (1986a). Carcass consumption sequence and the archaeological distinction of scavenging and hunting. *Journal of Human Evolution* 15, 639-659.
- Blumenschine, R.J. (1986b). Early hominid scavenging opportunities: Implications of carcass availability in the Serengeti and Ngorongoro Ecosystems. *British Archaeological Reports International Series* 283.
- Boaz, J. and Uleberg, E. (2000). Quantifying the non-quantifiable: Studying hunter-gatherer landscapes. In Lock, G. (Ed.): *Beyond the Map: Archaeology and Spatial Technologies*, pp. 101-115. IOS Press, NATO Scientific Affairs Division.
- Bodu, P., Salomon, H., Lacarrière, J., Baillet, M., Ballinger, M., Naton, H.-G. and Théry-Parisot, I. (2017). A Châtelperronian Open-air Site in the Paris Basin: Les Bossats at Ormesson (Seine-et-Marne). *Gallia Préhistoire* 57, 3-7.
- Bonnichsen, R. (1973). Some operational aspects of human and animal bone alteration. In Gilbert, B. M. (Ed): *Mammalian osteoarchaeology: North America*. Missouri Archaeological Society, Columbia, Missouri.
- Boschian, G. and Saccà, D. (2010). Ambiguities in human and elephant interactions? Stories of bones, sand and water from Castel di Guido (Italy). *Quaternary International* 214, 3-16.
- Bourguignon, L., Sellami, F., Deloze, V., Sellier-Segard, N., Beyries, S. and Emery-Barbier, A. (2002). L'habitat moustérien de La Folie (Poitiers, Vienne): Synthèse des premiers résultats. *Paléo* 14, 29-48.
- Bourguignon, L., Vieilleveigne, E., Guibert, P., Bechtel, F., Beyries, S., Emery-Barbier, A., Deloze, V., Lahaye, C., Sellami, F. and Sellier-Segard, N. (2006). Compléments d'informations chronologiques sur le campement moustérien de tradition acheuléenne du gisement de La Folie (Poitiers, Vienne). *Paléo* 18, 37-44.
- Brantingham, P. J., Surovell, T. A. and Waguespack, N. M. (2007). Modeling post-depositional mixing of archaeological deposits. *Journal of Anthropological Archaeology* 26, 517-540.

- Brenet, M., Guégan, S., Claud, E., Mesa, M. and Pasquet, V. (2018). The Late Solutrean open-air site of Landry (Aquitaine, France). A preliminary spatio-temporal analysis. *Quaternary International* 498, 30-50.
- Blumenschine, R. J. (1986a). Early hominid scavenging opportunities: Implications of carcass availability in the Serengeti and Ngorongoro ecosystems. *British Archaeological Reports International Series* 283. Oxford.
- Blumenschine, R. J. (1986b). Carcass consumption sequences and the archaeological distinction of scavenging and hunting. *Journal of Human Evolution* 15, 639-659.
- Blumenschine, R.J. (1988). An experimental model of the timing of hominid and carnivore influence on archaeological bone assemblages. *Journal of Archaeological Science* 15, 483-502.
- Blumenschine, R. J. and Selvaggio, M. M. (1988). Percussion marks on bone surfaces as a new diagnostic of hominid behaviour. *Nature* 333, 763-765.
- Blumenschine, R. J. (1995). Percussion marks, tooth marks, and experimental determinations of the timing of hominid and carnivore access to long bones at FLK Zinjanthropus, Olduvai Gorge, Tanzania. *Journal of Human Evolution* 29, 21-51.
- Blumenschine, R. J., Marean, C. W. and Capaldo, S. D. (1996). Blind tests of inter-analyst correspondence and accuracy in the identification of cut marks, percussion marks, and carnivore tooth marks on bone surfaces. *Journal of Archaeological Science* 23, 493-507.
- Brain, C.K. (1981). *The Hunters or the Hunted? An Introduction to African cave taphonomy*. University of Chicago Press, Chicago.
- Brain, C.K. and Sillen, A. (1988). Evidence from the Swartkrans cave for the earliest use of fire. *Nature* 336, 464-466.
- Breeze, P. S., Drake, N. A., Groucutt, H. S., Parton, A., Jennings, R. P., White, T. S., Clark-Balzan, L., Shipton, C., Scerri, E. M. L., Stimpson, C. M., Crassard, R., Hilbert, Y., Alsharekh, A., Al-Omari, A. and Petraglia, M. D. (2015). Remote sensing and GIS techniques for reconstructing Arabian palaeohydrology and indentifying archaeological sites. *Quaternary International* 382, 98-119
- Brenet, M., Guégan, S., Claud, E., Mesa, M. and Pasquet, V. (2018). The Late Solutrean open-air site of Landry (Aquitaine, France). A preliminary spatio-temporal analysis. *Quaternary International* 498, 30-50.
- Breuil, H. and Obermaier, H. (1912). Les premiers travaux de l'Institut de Paléontologie Humaine. *L'Anthropologie* 23, 1-27.

- Brooks, A. S. and Yellen, J. E. (1987). The preservation of activity areas in the archaeological record: Ethnoarchaeological and archaeological work in northwest Ngamiland, Botswana. In Kent, S. (Ed.): *Method and theory for activity area research*. Columbia, New York, pp. 63-106.
- Buikstra, J. and Swegle, M. (1989). Bone modification due to burning: Experimental evidence. In Bonnichsen, R. and Sorg, E. (Eds.): *Bone Modification*. University of Maine, Orono, pp. 247-258.
- Bunn, H.T., Bartram, L.E., Kroll, E.M. (1988). Variability in bone assemblage formation from Hadza hunting, scavenging, and carcass processing. *Journal of Anthropological Archaeology* 7, 412-457.
- Butzer, K. W. (1965). Acheulian occupation sites at Torralba and Ambrona, Spain. Their geology. *Science* 150, 1718-1722.
- Butzer, K.W. (1971). *Environment and Archaeology. An ecological approach to prehistory*. Aldine. Chicago.
- Burns, C. E., Mountney, N. P., Hodgson, D. M. and Colombera, L. (2017). Anatomy and dimensions of fluvial crevasse-splay deposits: Examples from the Cretaceous Castlegate Sandstone and Neslen Formation. *Sedimentary Geology* 351, 21-35.
- Burrough, P.A. (1986). *Principles of Geographic Information Systems for Land Assessment*. Oxford University Press, New York.
- Cabré, J. (1917). *Catálogo Monumental de la provincia de Soria. Tomo I. Paleolítico*. Inédito.
- Cabrera Valdés, V., Arrizabalaga Valbuena, A., Bernaldo de Quirós Guidotti, F. and Maíllo Fernández, J. M. (2004). La transición al Paleolítico Superior y la evolución de los contextos auriñacienses (50.000-27.000 BP). *Kobie* 8, 141-208.
- Cáceres, I., Bennàsar, M., Huguet, R., Rosell, J., Saladié, P., Allué, E., Solé, A., Blasco, R., Campeny, G., Esteban-Nadal, M., Fernández-Laso, C., Gabucio, M. J., Ibáñez, N., Martín, P., Muñoz, L. and Rodríguez-Hidalgo, A. (2012). Taphonomy of Level J of Abric Romaní. In Carbonell, E. (Ed.): *High resolution. Archaeology and Neanderthal behavior. Time and space in Level J of Abric Romaní (Capellades, Spain)*, *Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology Series*. Springer, pp. 159-185.
- Cain, C. R. (2005). Using burned animal bones to look at Middle Stone Age occupation and behavior. *Journal of Archaeological Science* 32, 873-884.

- Camarero, J. J. and Rozas, V. (2006). Técnicas de análisis especial de patrones de superficies y detección de fronteras aplicadas en ecología foresta. *Investigación agraria. Sistemas y recursos vegetales* 15(1), 66-87.
- Camarós, E., Cueto, M., Teira, L. C., Tapia, J., Cubas, M., Blasco, R., Rosell, J. and Rivals, F. (2013). Large carnivores as taphonomic agents of space modification: an experimental approach with archaeological implications. *Journal of Archaeological Science* 30, 1361-1368.
- Camarós, E., Cueto, M., Teira, L.C., Münzel, S. C., Plassard, F., Arias, P. and Rivals, F. (2017). Bears in the scene: Pleistocene complex interactions with implications concerning the study of Neanderthal behavior. *Quaternary International* 435A, 237-246.
- Canals, A. and Galobart, A. (2003). Arqueoestratigrafia y reconstrucción de la dinámica sedimentaria en los yacimientos del Pleistoceno Inferior de Incarcal I e Incarcal V. *Paleontologia i Evolució* 34, 221-232.
- Canals, A., Vallverdú, J. and Carbonell, E. (2003). New archaeo-stratigraphic data for the TD6 level in relation to *Homo antecessor* (Lower Pleistocene) at the site of Atapuerca, north-central Spain. *Geoarchaeology* 18(5), 481-504, doi: 10.1002/gea.10071
- Capaldo, S. D. (1995). Inferring hominid and carnivore behavior from dual-patterned archaeofaunal assemblages. Ph.D. Dissertation. Rutgers University, New Brunswick, NJ, U.S.A. (UMI Ann Arbor, MI, U.S.A.).
- Capaldo, S. D. (1997). Experimental determinations of carcass processing by Plio-Pleistocene hominids and carnivores at FLK22 (Zinjanthropus), Olduvai Gorge, Tanzania. *Journal of Human Evolution* 33, 555-597.
- Carandini, A. (1979). *Archeologia a cultura materiale*. De Donato, Bari.
- Carandini, A. (1981). *Storie dalla terra. Manuale dello scavo archeologico*. De Donato, Bari.
- Caricola, I., Zupancich, A., Moscone, D., Mutri, G., Falcucci, A., Duches, R., Peresani, M. and Cristiani, E. (2018). An integrated method for understanding the function of macro-lithic tools. Use wear, 3D and spatial analyses of an Early Upper Palaeolithic assemblage from North Eastern Italy. *PLoS ONE* 13(12), doi: 10.1371/journal.pone.0207773.
- Caron-Laviolette, E., Bignon-Lau, O. and Olive, M. (2018). (Re)occupation: Following a Magdalenian group through three successive occupations at Étioilles. *Quaternary International* 498, 12-29.

- Caruana, M. V., Carvalho, S., Braun, D. R., Presnyakova, D., Haslam, M., Archer, W., Bobe, R. and Harris, J. W. K. (2014). Quantifying traces of tool use: A novel morphometric analysis of damage patterns on percussive tools. *PLoS ONE* 9(11): e113856, doi: 10.1371/journal.pone.0113856.
- Cliff, A. D. and Ord, J. K. (1981). *Spatial Processes. Models and Applications*. London: Pion.
- Coard, R. and Dennell, R. W. (1995). Taphonomy of some articulated skeletal remains: Transport potential in an artificial environment. *Journal of Archaeological Science* 22, 441-448.
- Coard, R. (1999). One bone, two bones, wet bones, dry bones: Transport potential under experimental conditions. *Journal of Archaeological Science* 26, 1369-1375.
- Conover, W. J. (1999). *Practical Nonparametric Statistics*, 3rd edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Costamagno, S., Théry-Parisot, I., Castel, J.-C. and Brugal, J.P. (2009). Combustible ou non? Analyse multifactorielle et modèles explicatifs sur des ossements brûlés paléolithiques. In Théry-Parisot, I., Costamagno, S. and Henry, A. (Eds.): *Gestion des combustibles au Paléolithique et au Mésolithique: Nouveaux outils, nouvelles interpretations*. UISPP XV Congress, *British Archaeological Reports International Series*, pp. 65-84.
- Coward, F. (2005). Transitions, change and identity in the Palaeolithic. In Cobb, H. L., Coward, F., Grimshaw, L and Price, S. (Eds.): *Investigating Prehistoric Hunter-Gatherer Identities: Case studies from Palaeolithic and Mesolithic*. *British Archaeological Reports International Series* 1411, pp. 27-44.
- Cziesla, E., Eickhoff, S., Arts, N. and Winter, D. (Eds.) (1990). *The Big Puzzle. International Symposium on Refitting Stone Artifacts. Studies in Modern Archaeology*, 1. Bonn, Holos.
- D'Andrea, A., Gallotti, R. and Piperno, M. (2002). Taphonomic interpretation of the Developed Oldowan site of Garba IV (Melka Kunture, Ethiopia) through a GIS application. *Antiquity* 76, 991-1001.
- Daniel, W. W. (1990). *Applied Nonparametric Statistics*, 2nd edition. Duxbury Classic Series.
- David, B. (1990). How was this bone burnt? In: Solomon, S., Davidson, I. and Watson, D. (Eds.): *Problem solving in taphonomy: Archaeological and paleontological studies from Europe, Africa and Oceania*. *Tempus, Anthropology Museum*, vol. 2. University of Queensland, Queensland, pp. 65-79.

- De la Torre, I. (2001). El impacto de los procesos fluviales en la formación de los yacimientos arqueológicos pleistocenos al aire libre: Pautas de análisis experimental. *Espacio, Tiempo y Forma, Serie I, Prehistoria y Arqueología*, t. 14, 13-45.
- De la Torre, I. and Benito-Calvo, A. (2013). Application of GIS methods to retrieve orientation patterns from imagery: A case study from Beds I and II, Olduvai Gorge (Tanzania). *Journal of Archaeological Science* 40, 1-12.
- De la Torre, I., Benito-Calvo, A., Arroyo, A., Zupancich, A. and Proffitt, T. (2013). Experimental protocols for the study of battered stone anvils from Olduvai Gorge (Tanzania). *Journal of Archaeological Science* 40, 313–332.
- De la Torre, I. and Wehr, K. (2018). Site formation processes of the early Acheulean assemblage at EF-HR (Olduvai Gorge, Tanzania). *Journal of Human Evolution* 120, 298-328
- De la Torre, I., Albert, R. M., Arroyo, A., Macphail, R., McHenry, L. J., Mora, R., Njau, J. K., Pante, M. C., Rivera-Rondón, C. A., Rodríguez-Cintas, Á., Stanistreet, I. G., Stollhofen, H. and Wehr, K. (2018a). New excavations at the HWK EE site: Archaeology, paleoenvironment and site formation processes during late Oldowan times at Olduvai Gorge, Tanzania. *Journal of Human Evolution* 120, 140-202.
- De la Torre, I., Vanwezer, N., Benito-Calvo, A., Proffitt, T. and Mora, R. (2018b). Spatial and orientation patterns of experimental stone tool refits. *Archaeological and Anthropological Sciences*, doi: <https://doi.org/10.1007/s12520-018-0701-z>.
- Dibble, H.L. and McPherron, S.P. (1988) On the computerization of archaeological projects, *Journal of Field Archaeology* 15 (4), 431- 440.
- Dibble, H.L., Chase, P.G., McPherron, S.P. and Tuffreau, A. (1997). Testing the reality of a “living floor” with archaeological data, *American Antiquity* 62, 629-651.
- Diez-Martín, F., Fraile, C., UribeArrea, D., Sánchez-Yustos, P., Domínguez-Rodrigo, M., Duque, J., Díaz, I., De Francisco, S., Yravedra, J., Mabulla, A. and Baquedano, E. (2017). SHK Extension: A new archaeological window in the SHK fluvial landscape of Middle Bed II (Olduvai Gorge, Tanzania). *Boreas*, doi: 10.1111/bor.12246
- Dixon, B., Gosser, D, and Williams, S. S. (2008). Traditional Hawaiian men’s houses and their socio-political context in Lualualei, Leeward West O’ahu, Hawai’i. *Journal of the Polynesian Society* 117, 267–295.

- Domínguez-Rodrigo, M. and Barba, R. (2006). New estimates of tooth mark and percussion mark frequencies at the FLK Zinj site: The carnivore-hominid-carnivore hypothesis falsified. *Journal of Human Evolution* 50, 170-194.
- Domínguez-Rodrigo, M., Bunn, H.T., Pickering, T.R., Mabulla, A.Z.P., Musiba, C.M., Baquedano, E., Ashley, G. M., Díez-Martín, F., Santonja, M., Uribelarrea, D., Barba, R., Yravedra, J., Barboni, D., Arriaza, C. and Gidna, A. (2012). Autochthony and orientation patterns in Olduvai Bed I: A re-examination of the status of postdepositional biasing of archaeological assemblages from FLK North (FLKN). *Journal of Archaeological Science* 39, 2116-2127.
- Domínguez-Rodrigo, M. and Cobo-Sánchez, L. (2017a). A spatial analysis of stone tools and fossil bones at FLK Zinj 22 and PTK I (Bed I, Olduvai Gorge, Tanzania) and its bearing on the social organization of early humans. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 488, 21-34.
- Domínguez-Rodrigo, M. and Cobo-Sánchez, L. (2017b). The spatial patterning of the social organization of modern foraging *Homo sapiens*: A methodological approach for understanding social organization in prehistoric foragers. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 488, 113-125.
- Domínguez-Rodrigo, M., Cobo-Sánchez, L., Uribelarrea, D., Arriaza, M. C., Yravedra, J., Gidna, A., Organista, E., Sistiaga, A., Martín-Perea, D., Baquedano, E., Aramendi, J. and Mabulla, A. (2017). Spatial simulation and modelling of early Pleistocene site of DS (Bed I, Olduvai Gorge, Tanzania): A powerful tool for predicting potential archaeological information from unexcavated areas. *Boreas* 46(4), 805-815.
- Douglas-Hamilton, I. and Douglas-Hamilton, O. (1975). *Among the Elephants*. Viking Press, New York.
- Drake, L. D. (1974). Till fabric control by clast shape. *Geological Society of American Bulletin* 85, 247-250.
- Droop, J. P. (1915). *Archaeological excavation*. University Press, Cambridge.
- Eastham, A. (1990). The bird bones in the cave of Amalda. In Altuna, J. (Ed.): *La cueva de Amalda (Zestoa, País Vasco). Ocupaciones paleolíticas y postpaleolíticas*. Monografía. Colección Barandiarán 4, pp. 239-253.
- Enloe, J. G., Francine, D. and Hare, T. S. (1994). Patterns of fauna processing at Section 27 of Pincevent: The use of spatial analysis and ethnoarchaeological data in the interpretation of archaeological site structure. *Journal of Anthropological Archaeology* 13, 105-124.

- Enloe, J. G. (2012). Middle Palaeolithic cave taphonomy: Discerning humans from Hyenas at Arcy-sur-Cure, France. *International Journal of Osteoarchaeology* 22, 591-602.
- ESRI (2017). ArcGIS Explorer. Spatial statistics tools. New York.
- Faith, J. T., Marean, C. W. and Behrensmeyer, A. K. (2007). Carnivore competition, bone destruction, and bone density. *Journal of Archaeological Science* 34, 2025-2034.
- Falguères, C., Bahain, J.-J., Pérez-González, A., Mercier, N., Santonja, M. and Dolo, J.-M. (2006). The Lower Acheulian site of Ambrona, Soria (Spain): Ages derived from a combined ESR/U-series model. *Journal of Archaeological Science* 33(2), 149-157.
- Farizy, C. (1994). Behavioural and cultural change at the Middle to Upper Palaeolithic transition in Western Europe. In Nitecki, M. H. and Nitecki, D. V. (Eds.): *Origin of anatomically modern humans*. Plenum Press, New York, pp. 93-100.
- Fernández, J., Vergès, J. M. and Allué, E. (2013). Estudio de los procesos postdeposicionales de estructuras de combustión: Una propuesta experimental en hogares al aire libre y en abrigo. *Quadern de Prehistòria Catalana* 21, 39-63.
- Fernández-Jalvo, Y. and Andrews, P. (2003). Experimental effects of water abrasion on bone fragments. *Journal of Taphonomy* 1(3), 147-163.
- Fernández Peris, J., Barciela González, V., Blasco, R., Cuartero, F., Fluck, H., Sañudo, P. and Verdasco, C. (2012). The earliest evidence of hearths in southern Europe: The case of Bolomor Cave (Valencia, Spain). *Quaternary International* 247, 267-277.
- Ferring, C. R. (1986). Rates of fluvial sedimentation: Implications for archaeological variability. *Geoarchaeology* 1, 259-274.
- Fisher Jr., J. W. and Strickland, H. C. (1991). Dwellings and fireplaces: Keys to Efe Pygmy campsite structure. In Gamble, C. S. and Boismier, W. A. (Eds.): *Ethnoarchaeological approaches to mobile campsites*. *International Monographs in Prehistory*, Ann Arbor MI, pp. 215-236.
- Fisher, N.I. (1995). *Statistical Analysis of Circular Data*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Forgy, E. W. (1965) Cluster analysis of multivariate data: efficiency vs interpretability of classifications. *Biometrics* 21, 768-769.

- Franke, R. (1982). Smooth Interpolation of Scattered Data by Local Thin Plate Splines. *Computer and Mathematics with Applications* 8(4), 273–281.
- Freeze, R. A. and Cherry, J. A. (1979). *Groundwater*. Prentice-Hall, Inc.
- Fruitet, J. (1991). De l'archéologie préhistorique à l'archéologie numérique: Outils informatiques et méthodologie pour une base de données relationnelle de matériel préhistorique et paléontologique, aide à la détermination de niveaux archéologiques. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle spécialité : Informatique Scientifique et Technique. Université de Paris VII-ITODYS.
- Gabucio, M. J., Cáceres, I., Rivals, F., Bargalló, A., Rosell, J., Saladié, P., Vallverdú, J., Vaquero, M. and Carbonell, E. (2018). Unraveling a Neanderthal palimpsest from a zooarchaeological and taphonomic perspective. *Archaeological Anthropological Science* 10, 197-222.
- García-Moreno, A., Smith, G. M., Kindler, L., Pop, E., Roebroeks, W., Gaudzinski-Windheuser, S. and Klinkenberg, V. (2016). Evaluating the incidence of hydrological processes during site formation through orientation analysis. A case study of the Middle Palaeolithic Lakeland site of Neumark-Nord 2 (Germany). *Journal of Archaeological Science-Reports* 6, 82-93.
- Gaudzinski-Windheuser, S., Kindler, L., Rabinovich, R. and Goren-Inbar, N. (2010). Testing heterogeneity in faunal assemblages from archaeological sites. Tumbling and trampling experiments at the early-Middle Pleistocene site of Geshar Benot Ya'aqov (Israel). *Journal of Archaeological Science* 37, 3170-3190.
- Geiling, J. M., Straus, L. G., González-Morales, M. R. and Marín-Arroyo, A. B. (2016). A spatial distribution study of faunal remains from two lower Magdalenian occupation levels in El Mirón Cave, Cantabria, Spain. *Papers from the Institute of Archaeology*, 26(1), Art. 4, 1–16. doi: <http://dx.doi.org/10.5334/pia-477>.
- Getis, A. (1964). Temporal land-use pattern analysis with the use of Nearest Neighbor and Quadrat Methods. *Annals of the Association of American Geographers*, 54 (3), 391-399.
- Getis, A. and Ord, J.K. (1992). The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geographical Analysis* 24, 3.
- Gifford, D. P. (1977). Observations of Modern Human settlements as an aid to archaeological interpretation. Ph. D. Thesis, University of California, Berkeley.
- Gifford, D. P. and Behrensmeyer, A. K. (1977). Observed formation and burial of a recent human occupation site in Kenya. *Quaternary Research* 8, 245-266.

- Gifford, D. P. (1989). Ethnographic analogues for interpreting modified bones: Some cases from East Africa. In Bonnichsen, R. and Sorg, M. (Eds.): *Bone Modification*. University of Maine, Orono, pp. 61-71.
- Gilchrist, M. and Mytum, H. (1986). Experimental archaeology and burnt animal bone from archaeological sites. *Circaea* 4, 29-38.
- Giraldo Henao, R. (2002). *Introducción a la geoestadística. Teoría y aplicación*. Universidad Nacional de Colombia.
- Giusti, D., Turloukis, V., Konidaris, G. E., Thompson, N., Karkanas, P., Panagopoulou, E. and Harvati, K. (2018). Beyond maps: Pattern of formation processes at the Middle Pleistocene open-air site of Marathousa 1, Megalopolis basin, Greece, *Quaternary International* 497, 137-153.
- González-Urquijo, J.E., Ibáñez, J.J., Ríos-Garaizar, J., Bourguignon, L., Castaños Ugarte, P. and Tarriño Vinagre, A. (2005). Excavaciones recientes en Axlor. Movilidad y planificación de actividades en grupos de neandertales. In Montes, R. and Lasheras, J. A. (Eds.): *Actas de la reunión científica: Neandertales Cantábricos. Estado de la Cuestión, Monografías del Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira*, vol. 20, pp. 527-539.
- González-Urquijo, J.E., Ibáñez, J.J., Ríos Garaizar, J. and Bourguignon, L. (2006). Aportes de las nuevas excavaciones en Axlor sobre el final del Paleolítico Medio. In Cabrera Valdés, V., Bernaldo de Quirós, F. and Maíllo-Fernández, J.M. (Eds.): *Ante el centenario de La Cueva de El Castillo: El Ocaso de Los Neandertales*. UNED, Santander, pp. 269-291.
- Goren-Inbar, N., Alpers, N., Kislev, M.E., Simchoni, O., Melamed, Y., Ben-Nun, A. and Werker, E. (2004). Evidence of hominin control of fire at Gesher Benot Ya'aqov, Israel. *Science* 304, 725-727.
- Gowlett, J. A. J. (2006). The early settlement of northern Europe: fire history in the context of climate change and the social brain. *Comptes Rendus Palevol* 5, 299-310.
- Graham, D. J. and Midgley, N. G. (2000). Graphical representation of particle shape using triangular diagrams: An Excel spreadsheet method. *Earth Surface Processes and Landforms* 25, 1473-1477.
- Grayson, D.K. (1988). Danger Cave, last Supper Cave, and Hanging rock shelter: The faunas. *American Museum of Natural History Anthropological Papers* 66 (1).
- Grigoletto, F., Ortega, I., Ríos, J. and Bourguignon, L. (2008). Le Châtel-perronien des Vieux Coutets (Creysse, Dordogne). Premiers éléments de réflexion. In Jaubert, J., Bordes, J.-G. and Ortega, I. (Eds.): *Les sociétés du Paléolithique dans un grand*

- Sud-Ouest de La France: Nouveaux gisements, nouveaux résultats, nouvelles méthodes. Journées SPF, Université Bordeaux 1, Talence, 24-25 Novembre 2006. Société Préhistorique Française, Paris, pp. 245-259.
- Haase, P. (1995). Spatial pattern analysis in ecology based on Ripley's K-function: Introduction and methods of edge correction. *Journal of Vegetation Science* 6, 575-582.
- Harding, P., Gibbard, P. L., Lewin, J., Macklin, M. G. and Moss, E. H. (1987). The transport and abrasion of flint handaxes in gravel-bed river. In Sieveking, G. G. and Newcomer, M. H. (Eds.): *The human uses of flint and chert*. Cambridge University Press, 115-126.
- Harris, E. C. (1979). *Principles of archaeological stratigraphy*. Academic Press, London.
- Hartigan, J. A. and Wong, M. A. (1979). A K-means clustering algorithm. *Applied Statistics* 28, 100-108.
- Hassan, F. A. (1987). Re-forming archaeology: A foreword to natural formation processes and the archaeological record. In Petraglia, M. D. and Nash, D. T. (Eds.): *Natural formation processes and the archaeological record*. British Archaeological Reports International Series 352, 1-9.
- Haynes, G. (1978). Morphological damage and alteration to bone: Laboratory experiments, field studies, and zoo studies. Abstracts of the 5<sup>th</sup> biennial meeting. American Quaternary Association. Edmonton, Alberta, pp. 210.
- Haynes, G. (1980). Evidence of carnivore gnawing on Pleistocene and recent mammalian bones. *Paleobiology* 6, 341-351.
- Haynes, G. (1983a). Frequencies of spiral and green-bone fractures on ungulate limb bones in modern surface assemblages. *American Antiquity* 48, 102-114.
- Haynes, G. (1983b). A guide for differentiating mammalian carnivore taxa responsible for gnaw damage to herbivore limb bones. *Paleobiology* 9, 164-172.
- Haynes, G. (1991). *Mammoths, mastodons and elephants: Biology, behaviour and the fossil record*. Cambridge University Press.
- Haynes, G. (2005). Las acumulaciones modernas de huesos de elefante como modelo para interpretar Ambrona y otras áreas con fauna fósil a orillas del agua. In Santonja M, Pérez-González A (Ed.): *Los yacimientos paleolíticos de Ambrona y Torralba (Soria). Un siglo de investigaciones arqueológicas*. Zona Arqueológica 5, pp. 154-174.

- Haynes, G. (2012). Elephants (and extinct relatives) as earth-movers and ecosystem engineers. *Geomorphology* 157-158, 99-107.
- Henry, D.O., Hall, S.A., Hietala, H.J., Demidenko, Y.E., Usik, V.I., Rosen, A.M. and Thomas, P.A. (1996). Middle Paleolithic Behavioral Organization: 1993 Excavation of Tor Faraj, Southern Jordan. *Journal of Field Archaeology* 23, 31-53.
- Henry, D. O. (1998). Intrasite spatial patterns and behavioral modernity. Indications from the Late Levantine mousterian rockshelter of Tor Faraj, Southern Jordan. In Akazawa, T., Aoki, K. and Bar-Yosef, O. (Eds): *Neanderthals and Modern Humans in Western Asia*. New York: Plenum Press, pp. 127-142.
- Hietala, H and Stevens, D. (1977). Spatial analysis: Multiple procedures in pattern recognition studies. *American Antiquity* 42, 539-559.
- Hill, A. P. (1975). Taphonomy of contemporary and Late Cenozoic east African vertebrates. Unpublished Ph. D. Thesis. University of London.
- Hill, A. P. (1976). On carnivore and weathering damage to bones. *Current Anthropology* 17, 335-336.
- Hill, A. (1984). Skeletal modification by moderns spotted hyaenas. Abstracts. First International Conference on bone modification. Carson City, Nevada, pp. 17-18.
- Hodder, I. and Okell, E. (1978). An index for assessing the association between distributions of points in archaeology. In Hodder, I (Ed.): *Simulation studies in archaeology*. Cambridge University Press, New York.
- Howell, F. C. (1963). Yacimiento achelense de Ambrona. *Noticiario Arqueológico Hispánico* VII, 7-23. Madrid
- Howell, F. C. (1965). *Early Man*. Time-Life Books.
- Howell, F. C. and Freeman, L. G. (1983). Ivory points from the earlier Acheulean of the Spanish Meseta. In *Homenaje al Prof. Martín Almagro Basch*, 41-61- Ministerio de Cultura, Madrid.
- Howell, F. C., Freeman, L. G. and Klein, R. G. (1995). Observations on the Acheulean occupation site of Ambrona (Soria Province, Spain), with particular reference to recent investigations (1980-1983) and the Lower Occupation. *Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseum* 38, pp. 33-82.
- Isaac, G.L. (1967). Towards the interpretation of occupation debris: Some experiments and observations. *Kroeber Anthropological Soc. Pap.* 37, pp. 31-57.

- Jeefoo, P., Tripathi, N. K. and Souris, M. (2011). Spatio-temporal diffusion pattern and hotspots detection of dengue in Chachoengsao Province, Thailand. *International Journal of Environment Research and Public Health* 8, 51-74.
- Jenks, G. F. (1967). The Data Model Concept in Statistical Mapping. *International Yearbook of Cartography* 7, 186-190.
- Johnson, E. (1989). Human modified bones from early southern Plains Sites. In Bonnicksen, R. and Sorg, E. (Eds.): *Bone Modification*. University of Maine, Orono, pp. 431-471.
- Karampaglidis, T., Benito-Calvo, A. and Pérez-González, A. (2014). Geomorphology of the Lozoya river drainage basin area (Community of Madrid, Spanish Central System). *Journal of Maps*, doi: 10.1080/17445647.2014.926103.
- Karampaglidis, T. (2015). La evolución geomorfológica de la cuenca de drenaje del río Lozoya (Comunidad de Madrid, España). Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Kenkel, N.C. (1993). Modeling Markovian dependence in populations of *Aralia nudicaulis*. *Ecology* 74, 1700-1706.
- Kenyon, K. M. (1952). *Beginning archaeology*. Phoenix House, London.
- Kershaw, K. (1964). *Quantitative and dynamic ecology*. Edward Arnold, London.
- Kintigh, K. W. and Ammerman, A. J. (1982). Heuristic approaches to spatial analysis in archaeology. *American Antiquity* 47, 31-63.
- Kintigh, K. (1984). Measuring archaeological diversity by comparison with simulated assemblages. *American Antiquity* 49, 44-64.
- Kintigh, K. W. (1990). Intrasite spatial analysis: A commentary on major methods. In Voorrips, A. (Ed.): *Mathematics and information science in archaeology: A flexible framework*. *Studies in Modern Archaeology* 3, 165-200.
- Krige, D. G. (1951). A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. *Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa* 52, 119-139.
- Ladefoged, T. N. and Pearson, R. (2000). Fortified castles on Okinawa Island during the Gusuku Period, AD 1200-1600. *Antiquity* 74, 404-412.
- Laplace, G. and Méroc, L. (1954a). Application des coordonnées cartésiennes à la fouille d'un gisement. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, LI, 58-66.

- Laplace, G. and Méroc, L. (1954b). Complément à notre note sur l'application des coordonnées cartésiennes à la fouille d'un gisement. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, LI, 291-293.
- Lee, J. and Wong, D. W. S. (2000). *Statistical Analysis with ArcView GIS*. Wiley, New York.
- Legendre, P. and Fortin, M.-J. (1989). Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio* 80, 107-138.
- Lemke, A. K. (2013). Cutmark systematics: Analyzing morphometrics and spatial patterning at Palangana. *Journal of Anthropological Archaeology* 32, 16–27.
- Lenoble, A., Ortega, I. and Bourguignon, L. (2000). Processus de formation du site moustérien de Champs-de-Bossuet (Gironde). *Paleo* 12, 413-25.
- Lenoble, A. and Bertran, P. (2004). Fabric of Palaeolithic levels: Methods and implications for site formation processes. *Journal of Archaeological Science* 31 (4), 457-469.
- Lenoble, A., Bertran, P. and Lacrampe, F. (2008). Solifluction-induced modifications of archaeological levels: simulation based on experimental data from a modern periglacial slope and application of French Palaeolithic sites. *Journal of Archaeological Science* 35, 99–110.
- Lepre, C. J. (2017). Crevasse-splay and associated depositional environments of the hominin-bearing lower Okote Member, Koobi Fora Formation (Plio-Pleistocene), Kenya. *The Depositional Record*, doi: 10.1002/dep2.31.
- Leroi-Gourhan, A. (1950). *Les fouilles préhistoriques (technique et méthodes)*. Picard, Paris.
- Leroi-Gourhan, A. and Brézillon, M. (1972). *Fouilles de Pincevent. Essai d'analyse ethnographique d'un habitat Magdalénien (la Section 36)*. Paris: Editions du CNRS, pp. 263-385.
- Li, H., Calder, C. A. and Cressie, N. (2007). Beyond Moran's I: Testing for Spatial Dependence based on the Spatial Autoregressive Model. *Geographical Analysis* 39, 357-375.
- Lindly, J. (1988). Hominid and Carnivore activity at Middle and Upper Paleolithic cave sites in eastern Spain. *Munibe* 40, 45-70.
- López-Ortega, E., Bargalló, A., Lombera-Hermida, A., Mosquera, M., Ollé, A. and Rodríguez-Álvarez, X. P. (2017). Quartz and quartzite refits at Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos): Connecting lithic artefacts in the Middle Pleistocene unit of TD10.1. *Quaternary International* 433A, 85-102.

- Lyman, R.L. (1994). *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Machado, J., Molina, F. J., Hernández, C. M., Tarriño, A. and Galván, B. (2016). Using lithic assemblage formation to approach Middle Palaeolithic settlement dynamics: El Salt Stratigraphic Unit X (Alicante, Spain). *Archaeological Anthropological Science*, doi: 10.1007/s12520-016-0318-z.
- Maíllo-Fernández, J.M. (2007). Aproximación tecnológica del final del Musteriense de Cueva Morín (Villanueva de Villaescusa, Cantabria, España). *Munibe* 58, 13-42.
- Mallye, J. B. (2007). Les restes de blaireau en contexte archéologique: Taphonomie, archéozoologie et éléments de discussion des sequences préhistoriques. *École doctorale des Sciences du Vivant, Géoscience, Science de l'Environnement*. Université Bordeaux 1, Bordeaux.
- Marean, C. W., Spencer, L. M., Blumenschine, R. J. and Capaldo, S. D. (1992). Captive hyaena bone choice and destruction, the schlepp effect, and Olduvai archaeofaunas. *Journal of Archaeological Science* 19, 101-121.
- Marín-Arroyo, A. B., Rios-Garaizar, J., Straus, L. G., Jones, J. R., De la Rasilla, M., González Morales, M. R., Richards, M., Altuna, J., Mariezkurrena, K. and Ocio, D. (2018). Chronological reassessment of the Middle to Upper Paleolithic transition and Early Upper Paleolithic cultures in Cantabrian Spain. *PLoS ONE* 13(4): e0194708. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194708>
- Marquer, L., Otto, T., Nespoulet, R. and Chiotti, L. (2010). A new approach to study the fuel used in hearths by hunter-gatherers at the Upper Palaeolithic site of Abri Pataud (Dordogne, France). *Journal of Archaeological Science* 37, 2735-2746.
- Martínez, K. and Rando, J. M. (2001). Organización y funcionalidad de la producción lítica en un nivel del Paleolítico Medio del Abric Romaní. Nivel Ja (Capellades, Barcelona). *Trabajos de Prehistoria* 58(1), 51-70.
- Martínez de la Hidalga, U. (2012). Depósitos arenosos de las paleo-rasas emergidas de Barrika (Bizkaia) y Oriñón (Cantabria). *CKQ Estudios de Cuaternario/Kuaternario Ikasketak/Quaternary Studies* 2, 85-97.
- Martínez-Moreno, J., Mora, R., De la Torre, I. and Casanova, J. (2006). La Roca dels Bous en el contexto del Paleolítico Medio final del Noreste de la Península Ibérica. In Maíllo, J. M. and Baquedano, E. (Ed.): *Miscelánea en homenaje a Victoria Cabrera*. *Zona Arqueológica* 7, vol. I, pp. 252-263.

- Martínez-Moreno, J., Mora, R., Casanova, J and De la Torre, I. (2007). La Roca dels Bous: Sur les pas des Néandertaliens du sud des Pyrénées. *Bulletin de l'Association Archéologique des Pyrénées-Orientales* 22, 47-55.
- Martínez-Moreno, J., Mora, R. and De la Torre, I. (2010). The Middle-to-Upper Palaeolithic transition in Cova Gran (Catalonia, Spain) and the extinction of Neanderthals in the Iberian Peninsula. *Journal of Human Evolution* 58, 211-226.
- Martínez-Moreno, J., Mora Torcal, R., Roy Sunyer, M. and Benito-Calvo, A. (2016). From site formation processes to human behaviour: Towards a constructive approach to depict palimpsests in Roca dels Bous. *Quaternary International* 417, 82-93.
- Martínez Solano, I. and Sanchiz, B. (2005). Anfibios y reptiles del Pleistoceno medio de Ambrona. In Santonja, M. and Pérez-González, A. (Eds): *Los yacimientos paleolíticos de Ambrona y Torralba (Soria). Un siglo de investigaciones arqueológicas*. Zona Arqueológica 5, pp. 232-239.
- Mayne, P.M. (1997). Fire modification of bone: a review of the literature. In Haglund, W.D. and Sorg, M.H. (Eds.): *Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains*. CRC Press Inc., pp. 275-293.
- McAndrews, T. L., Albarracín-Jordan, J. and Bermann, M. (1997). Regional settlement patterns in the Tiwanaku Valley of Bolivia. *Journal of Field Archaeology* 24, 67-83.
- McPherron, S.P. and Dibble, H. L. (2002). *Using Computers in Archaeology: A Practical Guide*, McGraw-Hill, New York.
- McPherron, S.P. (2005). Artefact orientation and site formation processes from total station proveniences. *Journal of Archaeological Science* 32, 1003-1014.
- McPherron, S. J. P., Dibble, H. L. and Goldberg, P. (2005). *Z. Geoarchaeology* 20(3), 243-262, doi:10.1002/gea.20048.
- McPherron, S., Braun, D. R., Dogandžić, T., Archer, W., Desta, D. and Lin, S. C. (2014). An experimental assessment of the influences on edge damage to lithic artifacts: A consideration of edge angle, substrate grain size, raw material properties, and exposed face. *Journal of Archaeological Science* 49, 70-82.
- McPherron, S. P. (2018). Additional statistical and graphical methods for analyzing site formation processes using artifact orientations. *PLoS ONE* 13(1), doi: 10.1371/journal.pone.0190195
- Meignen, L. (Ed.) (1993). *L'abri des Canalettes. Un habitat moustérien sur les grands Causses (Nant Aveyron). Fouilles 1980 1986*. Monographie du CRA, 10. Paris: Editions du CNRS.

- Meignen, L. (1994). L'analyse de l'organisation spatiale dans les sites du Paléolithique Moyen: Structures évidentes, structures latentes. *Prehistoire Anthropologie Méditerranéennes* 3, 7-23.
- Meignen, L., Goldberg, P. and Bar-Yosef, O. (2007). The hearths at Kebara Cave and their role in site formation processes. In Bar-Yosef, O. and Meignen, L. (Eds.): *Kebara Cave, Mt. Carmel, Israel: The Middle and Upper Paleolithic archaeology, Part I. American School of Prehistoric Research Bulletin 49. Harvard University, Cambridge*, pp. 91-122.
- Méndez-Quintas, E. (2017). Caracterización y variabilidad tecnomorfológica de las industrias achelenses de la Cuenca Baja del río Miño (NO de la Península Ibérica). Tesis Doctoral. Universidad de Burgos.
- Mentzer, S.M. (2009). Bone as a fuel source: The effects of initial fragment size distribution. In Théry-Parisot, I., Costamagno, S. and Henry, A. (Eds.): *Gestion des combustibles au Paléolithique et au Mésolithique: Nouveaux outils, nouvelles interprétations. UISPP XV Congress, British Archaeological Reports International Series*, pp. 53-64.
- Mentzer, S.M. (2012). Microarchaeological approaches to the identification and interpretation of combustion features in prehistoric archaeological sites. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 1-53.
- Miller, G. J. (1969). A study of cuts, grooves, and other marks on recent and fossil bone, I: Animal tooth marks. *Tebiwá* 12, 20-26.
- Miller, G. J. (1975). A study of cuts, grooves, and other marks on recent and fossil bone, II: Weathering cracks, fractures, splinters, and other similar natural phenomena. In Swanson, E. W. (Ed.): *Lithic technology: Making and use stone tools. Aldine, Chicago*.
- Mitas, L. and Mitasova, H. (1988). General Variational Approach to the Interpolation Problem. *Computer and Mathematics with Applications* 16(12), 983-992.
- Mitchell, A. (2005). *La guía de ESRI para el análisis SIG, vol. 2. ESRI Press*.
- Mitchell, P., Plug, I. and Bailey, G. (2006). Spatial patterning and site occupation at Likoaeng, an open-air hunter-gatherer campsite in the Lesotho Highlands, Southern Africa. *Archeological Papers of the American Anthropological Association* 16, 81-94.
- Modolo, M. and Rosell, J. (2016). Reconstructing occupational models: Bone refits in Level I of Abric Romaní. *Quaternary International* 435, 180-194.

- Mora, R., De la Torre, I. and Martínez-Moreno, J. (2004). Middle Palaeolithic mobility and land use in the Southwestern Pyrenees: The example of Level 10 in La Roca dels Bous (Noguera, Catalunya, Northeast Spain). In Conard, N. (Ed.): Settlement dynamics of the Middle Palaeolithic and Middle Stone Age II, Tübingen, pp. 415-435.
- Mora, R., Benito-Calvo, A., Martínez-Moreno, J., Gonzalez Marcen, P. and De la Torre, I. (2011): Chrono-stratigraphy of the Upper Pleistocene and Holocene archaeological sequence in Cova Gran (South-Eastern Pre-Pyrenees, Iberian Peninsula). *Journal of Quaternary Science* 26, 635-44.
- Mora, R., Martínez Moreno, J., Roda Gilabert, X., Roy Sunyer, M. and Vega Bolívar, S. (2014). Métodos de excavación: Del trabajo de campo a la interpretación arqueológica. *Treballs d'Arqueologia* 20, 7-20, doi: 10.5565/rev/tda.53.
- Mora, R., Martínez-Moreno, J., Roy Sunyer, M., Benito-Calvo, A., Polo-Díaz, A. and Samper Carro, S. (2018). Contextual, technological and chronometric data from Cova Gran: Their contribution to discussion of the Middle-to-Upper Paleolithic transition in northeastern Iberia. *Quaternary International* 474A, 30-43.
- Morales Muñiz, A. and Roselló Izquierdo, E. (1990). La ictiofauna de la cueva de Amalda. In Altuna, J. (Ed.): La cueva de Amalda (Zestoa, País Vasco). Ocupaciones paleolíticas y postpaleolíticas. Monografía. Colección Barandiarán 4, pp. 255-265.
- Moran, P. A. P. (1950). Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika* 37, 17-23.
- Morin, E. (2010). Taphonomic implications of the use of bone as fuel. The Taphonomy of Burned Organic Residues and Combustion Features in Archaeological Contexts (Proceedings of the Round Table, Valbonne, May 27-29 2008). CEPAM, Valbonne.
- Mostacedo, B. and Fredericksen, T. S. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOP, Bolivia.
- Muñoz, M., Sánchez-Goñi, M. F. and Ugarte, F. M. (1990). El entorno geoambiental del yacimiento arqueológico de Kurtzia, Sopela-Barrika, Costa occidental de Bizkaia. *Munibe* 41, 107-115.
- Murray, P. (1980). Discard location: The ethnographic data. *American Antiquity* 45, 490-502.
- Naqvi, S. A. A., Kazmi, S. J., Shaikh, S. and Akram, M. (2015). Evaluation of prevalence patterns of Dengue Fever on Nahore district through geo-spatial techniques. *Journal of Basic & Applied Sciences* 11, 20-30.

- Navascués, P. de, Conde de Berodilgen Geyr, C. and Jiménez Sanz, C. (1996). El Marqués de Cerralbo. Subdirección de Museos Estatales. Ministerio de Cultura. Madrid.
- Neudorf, C. M., Brennand, T. A. and Lian, O. B. (2015). Comparisons between macro- and microfabrics in a pebble-rich, sandy till deposited by the Cordilleran Ice Sheet. *Boreas* 44, 483-501.
- Nicholson, A. and Cane, S. (1991). Desert camps: Analysis of Australian aboriginal proto-historic campsites. In Gamble, C. S. and Boismier, W. A. (Eds.): *Ethnoarchaeological approaches to mobile campsites. International Monographs in Prehistory*, Ann Arbor MI, pp. 263-354.
- Nicholson, R.A. (1993). A morphological investigation of burnt animal bone and an evaluation of its utility in Archaeology. *Journal of Archaeological Science* 20, 411-428.
- Nikolsky, V. (1930). De la méthode en Préhistoire. *L'Anthropologie*, XL, 1-17.
- Obermaier, H. (1925). *El Hombre Fósil*. 2nd Edition. Ed. Comisión de Investigaciones Paleontológicas y Prehistóricas. Madrid.
- O'Connell, J. F. (1987). Alyawara site structure and its archaeological implications. *American Antiquity* 52, 74-108.
- O'Connell, J.F., Hawkes, K. and Blurton Jones, N. (1988). Hadza hunting, butchering, and bone transport and their archaeological implications. *Journal of Anthropological Research* 44, 113-161.
- O'Connell, J.F., Hawkes, K. and Blurton Jones, N. (1990). Reanalysis of large mammal body part transport among the Hadza. *Journal of Archaeological Science* 17, 301-316.
- O'Connell, J.F., Hawkes, K. and Blurton, N. (1991). Distribution of refuse-producing activities at Hadza residential base camps: Implications for analyses of archaeological site structure. In Kroll, E.M. and Price, T.D. (Eds.): *The interpretation of archaeological spatial patterning*. Plenum Press, New York, pp. 61-76.
- Oliver, M.A. (1990). Kriging: a method of interpolation for geographical information systems. *International Journal of Geographic Information* 4(4), 313-332.
- Ortego Frías, T. (1982). Don Juan Cabré Aguiló. Recuerdo y homenaje. *Boletín de la Sociedad Española de Amigos de la Arqueología* 16, 3-10.

- Panera, J. (1996). Caracterización tecnomorfológica del Complejo Inferior de Ambrona. *Espacio, Tiempo y Forma, Serie I, Prehistoria y Arqueología* 9, 105-140.
- Panera, J. and Rubio-Jara, S. (1997). Estudio tecnomorfológico de la industria lítica de Ambrona (Soria). *Trabajos de Prehistoria* 54 (1), 71-97.
- Pante, M. C. and Blumenschine, R. J. (2010). Fluvial transport of bovid long bones fragmented by the feeding activities of hominins and carnivores. *Journal of Archaeological Sciences* 37, 846-854.
- Parés, J.M., Pérez-González, A. and Santonja, M. (2005). Datos arqueomagnéticos del yacimiento de Ambrona. In Santonja, M. and Pérez-González, A. (Eds): *Los yacimientos paleolíticos de Ambrona y Torralba (Soria). Un siglo de investigaciones arqueológicas*. Zona Arqueológica 5, pp. 190-198.
- Pearson, K. (1900). On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. *The Philosophical Magazine: A Journal of Theoretical Experimental and Applied Physics* 5 (50), 157-175.
- Pemán, E. (1990). Los micromamíferos de la cueva de Amalda y su significado. In Altuna, J. (Ed.): *La cueva de Amalda (Zestoa, País Vasco). Ocupaciones paleolíticas y postpaleolíticas*. Monografía. Colección Barandiarán 4, pp. 225-238.
- Perea, S. and Doadrio, I. (2005). Estudio paleosistemático de la ictiofauna pleistocénica del yacimiento de Ambrona. In Santonja, M. and Pérez-González, A. (Eds): *Los yacimientos paleolíticos de Ambrona y Torralba (Soria). Un siglo de investigaciones arqueológicas*. Zona Arqueológica 5, pp. 240-247.
- Pérez-González, A., Santonja, M., Gallardo, J. and Aleixandre, T. (1991). Los yacimientos pleistocenos de Torralba y Ambrona y sus relaciones con la evolución geomorfológica del polje de Conquezueta. *Resúmenes de las comunicaciones*. VII Reunión Nacional del Cuaternario, Valencia.
- Pérez-González, A., Santonja, M., Gallardo, J., Aleixandre, T., Sesé, C., Soto, E., Mora, R. and Villa, P. (1997). Los yacimientos pleistocenos de Torralba y Ambrona y sus relaciones con la evolución geomorfológica del polje de Conquezueta. *Geogaceta* 21, 175-178.
- Pérez-González, A., Santonja, M., Mora, R., Soto, E., Sesé, C., Ruiz Zapata, M. B., Aleixandre, T., Villa, P. and Gallardo, J. (1999). Investigaciones recientes (1990-1997) en los yacimientos achelenses de Ambrona y Torralba (Soria, España).

- Aproximación al Complejo estratigráfico inferior de Ambrona. *O Arqueólogo Português*, s. IV, vol. 13/15, 11-34.
- Pérez-González, A., Santonja, M. and Benito-Calvo, A. (2001). Geomorphology and stratigraphy of the Ambrona site (central Spain). In Gavarreta, G., Gioia, P., Mussi, M. and Palombo, M. R. (Eds): *The World of Elephants. Proceedings of the 1st International Congress, Roma*, pp. 587-591.
- Pérez-González, A., Santonja, M. and Benito-Calvo, A. (2005). Secuencias litoestratigráficas del Pleistoceno medio del yacimiento de Ambrona. In Santonja, M. and Pérez-González, A. (Eds): *Los yacimientos paleolíticos de Ambrona y Torralba (Soria). Un siglo de investigaciones arqueológicas. Zona Arqueológica 5*, pp. 176-188.
- Perry, G. L. W., Miller, B. P. and Enright, N. J. (2006). A comparison of methods for the statistical analysis of spatial point patterns in plant ecology. *Plant Ecology* 187, 59-82.
- Petraglia, M. D. (1987). Site formation processes at the Abri Dufaure: A study of Upper Paleolithic rockshelter and hillslope deposits in Southwestern France. University of New Mexico, Albuquerque, Ann Harbor, University Microforms International.
- Petraglia, M. D. and Nash, D. T. (1987). The impact of fluvial processes on experimental sites. In Petraglia, M. D. and Nash, D. T. (Eds.): *Natural formation processes and the archaeological record. British Archaeological Reports International Series 352*, 108-130.
- Petraglia, M. D., Alsharekh, A., Breeze, P., Clarkson, C., Crassard, R., Drake, N. A., Groucutt, H. S., Jennings, R., Parker, A. G., Parton, A., Roberts, R. G., Shipton, C., Matheson, C., Al-Omari, A. and Veall, M. A. (2012). Hominin dispersal into the Nefud Desert and Middle Paleolithic settlement along the Jubbah Palaeolake, Northern Arabia. *PLoS ONE* 7(11), doi:10.1371/journal.pone.0049840.
- Philip, G. M. and Watson, D. F. (1982). A Precise Method for Determining Contoured Surfaces. *Australian Petroleum Exploration Association Journal* 22, 205-212.
- Pickering, T. R. (2002). Reconsideration of criteria for differentiating faunal assemblages accumulated by hyenas and hominids. *International Journal of Osteoarchaeology* 12, 127-141.
- Pickering, T.R. and Egeland, C.P. (2006). Experimental patterns of hammerstone percussion damage on bones: implications for inferences of carcass processing by humans. *Journal of Archaeological Science* 33, 459-469.

- Pielou, E. C. (1977). *Mathematical ecology*. John Wiley and Sons, New York.
- Polo-Díaz, A., Benito-Calvo, A., Martínez-Moreno, J. and Mora Torcal, R. (2016). Formation processes and stratigraphic integrity of the Middle-to-Upper Palaeolithic sequence at Cova Gran de Santa Linya (Southeastern Prepyrenees of Lleida, Iberian Peninsula). *Quaternary International* 417, 16-38.
- Pop, E., Kuijper, W., Van Hees, E., Smith, G., García-Moreno, A., Kindler, L., Gaudzinski-Windheuser, S. and Roebroeks, W. (2016). Fires at Neumark-Nord 2, Germany: An analysis of fire proxies from a Last Interglacial Middle Palaeolithic basin site. *Journal of Field Archaeology*, doi: 10.1080/00934690.2016.1208518.
- Prentice, I.C. and Werger, M.J.A. (1985). Clump spacing in a desert dwarf shrub community. *Vegetatio* 63, 133-139.
- Ringrose, T. J. and Benn, D. I. (1997). Confidence regions for fabric shape diagrams. *Journal of Structural Geology* 19, 1527-1536.
- Rios-Garaizar, J. (2004). La Transición del Paleolítico Medio al Superior en torno al Golfo de Bizkaia. Una aproximación desde el análisis de la producción y de la gestión del utillaje lítico de los niveles Musterienses (A-D) de Axlor (Dima, Bizkaia) y de la ocupación Auriñaciense. Universidad de Cantabria, Santander.
- Rios-Garaizar, J. (2005). Características de la producción lítica al final del Paleolítico Medio en el País Vasco. El caso del nivel B de Axlor (Dima, Bizkaia). In Montes, R. and Lasheras, J.A. (Eds.): *Actas de la reunión científica: Neandertales Cantábricos. Estado de la Cuestión, Monografías del Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira*, vol. 20, pp. 333-348.
- Rios Garaizar, J., Garate Maidagan, D., Iriarte Avilés, E., Regalado Bueno, E., González Urquijo, J.E., Zapata-Pena, L., Marcos Gómez, Z., San Emeterio, A. and García Moreno, A. (2008). Uribe Kosta (Barrika, Goliz). *Arkeoikuska* 2007, 314-316.
- Rios-Garaizar, J. (2010). Organización económica de las sociedades neandertales: El caso del nivel VII de Amalda (Zestoa, Gipuzkoa). *Zephyrus* LXV, 15-37.
- Rios-Garaizar, J. (2012a). *Industria lítica y sociedad del Paleolítico Medio al Superior en torno al Golfo de Bizkaia*. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria.
- Rios-Garaizar, J., Líbano Silvente, I. and Garate Maidagan, D. (2012b). El yacimiento chatelperroniense al aire libre de Aranbaltza (Barrika, Euskadi). *Munibe* 63, 81-92.
- Rios-Garaizar, J., Arrizabalaga, A. and Villaluenga, A. (2012c). Haltes de chasse du Chatelperronien de la Peninsule Iberique. *Labeko Koba et Ekain (Pays Basque Peninsulaire)*. *Anthropologie* 116, 532-549.

- Rios-Garaizar, J. (2013). Proyecto de sondeos arqueológicos del yacimiento de Aranbaltza (Barrika, Bizkaia). Memoria inédita. Diputación Foral de Bizkaia.
- Rios-Garaizar, J., Garate Maidagan, G. and Gómez-Olivencia, A. (2013a). Ocupaciones humanas prehistóricas en el yacimiento de la cueva de Arlanpe (Lemoa, Bizkaia). In Rios-Garaizar, J., Garate Maidagan, D. and Gómez-Olivencia, A. (Coords.): La cueva de Arlanpe (Lemoa): Ocupaciones humanas desde el Paleolítico Medio Antiguo hasta la Prehistoria Reciente. *Kobie* 3, pp. 277-294.
- Rios-Garaizar, J., Aranburu, A., Arnold, L., Bourguignon, L., Demuro, M., Garate, D., Gómez-Olivencia, A., Iriarte, E., Líbano, I., Ortega-Cordellat, I., Rodriguez, L. and San Emeterio, A. (2013b): Excavación y estudio del yacimiento Chatelperroniense al aire libre de Aranbaltza (Barrika). I Campaña. Memoria inédita. Diputación Foral de Bizkaia.
- Rios-Garaizar, J., Ortega-Cordellat, I., Aranburu, A., Arnold, L., Bourguignon, L., Demuro, M., Garate, D., Gómez Olivencia, A., Iriarte, E., Lahaye, C., Líbano, I., Pérez Garrido, P. and San Emeterio, A. (2014). Excavación y estudio del yacimiento Chatelperroniense al aire libre de Aranbaltza (Barrika). II Campaña. Memoria inédita. Diputación Foral de Bizkaia.
- Rios-Garaizar, J., Ortega-Cordellat, I., Garate, D., Líbano, I., Regalado, E., Larrea, M., Ugarte, A., Solar, G., Bourguignon, L., San Emeterio, A., Iriarte, E., Aranburu, A., Campaña, I., Pérez Garrido, C., Arnold, L., Demuro, M., Lahaye, C., Guibert, P., Iriarte, M. J., Gómez Olivencia, A., Arriolabengoa, M., Fernández Colón, P. and De la Fuente, M. (2015). Informe del proyecto de excavación y estudio del yacimiento Chatelperroniense al aire libre de Aranbaltza (Barrika). III Campaña. Memoria inédita. Diputación Foral de Bizkaia.
- Rios-Garaizar, J., Ortega-Cordellat, I., Garate, D., Líbano, I., Marín, A. B., Regalado, E., Larrea, M., Ugarte, A., Solar, G., Bourguignon, L., San Emeterio, A., Iriarte, E., Aranburu, A., Campaña, I., Pérez Garrido, C., Arnold, L., Demuro, M., Lahaye, C., Guibert, P., Iriarte, M. J., Arriolabengoa, M., Fernández Colón, P., De la Fuente, M., López-Bultó, O. and Piqué, R. (2016). Informe del proyecto de excavación y estudio del yacimiento Chatelperroniense al aire libre de Aranbaltza (Barrika). IV Campaña. Memoria inédita. Diputación Foral de Bizkaia.
- Rios-Garaizar, J. (2017). A new chronological and technological synthesis for Late Middle Paleolithic of Eastern Cantabrian Region. *Quaternary International* 433, 50-63.
- Rios-Garaizar, J., López-Bultó, O., Iriarte, E., Pérez-Garrido, C., Piqué, R., Aranburu, A., Iriarte-Chiapusso, M. J., Ortega-Cordellat, I., Bourguignon, L., Garate, D. and Líbano, I. (2018). A Middle Palaeolithic wooden digging stick from Aranbaltza III, Spain. *PLoS ONE* 13(3): e0195044.

- Ripley, B. D. (1976). The second-order analysis of stationary point processes. *Journal of Applied Probability* 13, 255-266.
- Rodríguez-Hidalgo, A., Saladié, P., Ollé, A., Arsuaga, J. L., Bermúdez de Castro, J. M. and Carbonell, E. (2017). Human predatory behavior and the social implications of comunal hunting based on evidence from the TD10.2 bison bone bed at Gran Dolina (Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution* 105, 89-122.
- Rolland, N. (2004). Was the emergence of Home Bases and domestic fire a punctuated event? A review of the Middle Pleistocene record in Eurasia. *Asian Perspectives* 43 (2), 248-280.
- Rosell, J. and Blasco, R. (2009). Home sharing: Carnivores in anthropogenic assemblages of the Middle Pleistocene. *Journal of Taphonomy* 7 (4), 305-324.
- Rosell, J., Blasco, R., Huguet, R., Cáceres, I., Saladié, P., Rivals, F., Bennàsar, M., Bravo, P., Campeny, G., Esteban-Nadal, M., Fernández-Laso, C., Gabucio, M. J., Ibáñez, N., Martín, P., Muñoz, L. and Rodríguez-Hidalgo, A. (2012). Occupational patterns and subsistence strategies in Level J of Abric Romaní. In Carbonell, E. (Ed.): *High resolution. Archaeology and Neanderthal behavior. Time and space in Level J of Abric Romaní (Capellades, Spain), Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology Series*. Springer, pp. 313-372.
- Roy Sunyer, M., Roda Gilabert, X., Benito-Calvo, A., Martínez-Moreno, J. and Mora Torcal, R. (2014). Verificando la integridad del registro arqueológico: Análisis de fábricas en las unidades arqueológicas del paleolítico medio/superior de la Cova Gran (Santa Linya, Lleida). *Treballs d'Arqueologia* 20, 55-77.
- Royle, A.G., Clausen F.L. and Frederiksen, P. (1981). Practical Universal Kriging and automatic contouring. *Geoprocessing* 1, 377-394
- Rubio-Jara, S. (1996). Ambrona (Soria): La industria lítica del Complejo Superior. *Espacio, Tiempo y Forma, serie I, t. 9*, 77-104.
- Sáez de Buruaga, A. (1998). Estrategias de excavación y análisis estratigráfico: Una reflexión sobre su proceso histórico. *Krei* 3, 107-141.
- Sala, N., Algaba, M., Arsuaga, J. L., Aranburu, A. and Pantoja, A. (2012). A taphonomic study of the Búho and Zarzamora caves. Hyenas and humans in the Iberian Plateau (Segovia, Spain) during the Late Pleistocene. *Journal of Taphonomy* 10(3-4), 477-497.
- Sala, N. and Arsuaga, J. L. (2018). Regarding beasts and humans: A review of taphonomic works with living carnivores. *Quaternary International* 466, 131-140.

- Sánchez-Fernández, G. and Bernaldo De Quirós, F. (2008). El final del Musteriense Cantábrico: El nivel 20e de la Cueva de El Castillo (Cantabria). *Férvedes* 5, 117–126.
- Sánchez-Marco, A. (2005). Pocos huesos para tanta historia: Las aves fósiles de Ambrona y Torralba. In Santonja, M. and Pérez-González, A. (Eds): *Los yacimientos paleolíticos de Ambrona y Torralba (Soria). Un siglo de investigaciones arqueológicas*. Zona Arqueológica 5, pp. 249-256.
- Sánchez-Romero, L. (2012). *Arqueoestratigrafía y distribución espacial en el nivel F del Abrigo de Navalmaíllo, El Calvero de la Higuera (Pinilla del Valle, Comunidad de Madrid)*. Master Thesis, Universitat Rovira i Virgili.
- Sánchez-Romero, L., Benito-Calvo, A., Pérez-González, A. and Santonja, M. (2016). Assessment of accumulation processes at the Middle Pleistocene site of Ambrona (Soria, Spain). Density and orientation patterns in spatial datasets derived from excavations conducted from the 1960s to the present. *PLoS ONE* 11 (12), doi:10.1371/journal.pone.0167595
- Sánchez-Romero, L., Canals, A., Pérez-González, A., Márquez, B., Mosquera, M., Karampaglidis, T., Arsuaga, J. L. and Baquedano, E. (2017). Breaking the palimpsest: An approach to the cultural sequence of Neanderthal occupation at the Navalmaíllo rockshelter, Pinilla del Valle (Spain). *Trabajos de Prehistoria* 74(2), 225-237.
- Santonja, M., Pérez-González, A. and Flores, R. (2005a). Torralba, Ambrona y el Marqués de Cerralbo. Las primeras excavaciones del Paleolítico Inferior en España. In Santonja, M. and Pérez-González, A. (Eds): *Los yacimientos paleolíticos de Ambrona y Torralba (Soria). Un siglo de investigaciones arqueológicas*. Zona Arqueológica 5, pp. 19-38.
- Santonja, M., Pérez-González, A. and Mora, R. (2005b). Investigaciones recientes (1990-1997) en los yacimientos achelenses de Ambrona y Torralba (Soria, España). In Santonja, M. and Pérez-González, A. (Eds): *Los yacimientos paleolíticos de Ambrona y Torralba (Soria). Un siglo de investigaciones arqueológicas*. Zona Arqueológica 5, pp. 105-123.
- Santonja, M., Panera, J., Rubio-Jara, S. and Pérez-González, A. (2005c). La industria lítica de Ambrona. Características generales y contexto estratigráfico. In Santonja, M. and Pérez-González, A. (Eds): *Los yacimientos paleolíticos de Ambrona y Torralba (Soria). Un siglo de investigaciones arqueológicas*. Zona Arqueológica 5, pp. 307-332.
- Santonja, M., Rubio-Jara, S., Panera, J., Sánchez-Romero, L., Tarriño, A. and Pérez-González, A. (2017). Ambrona revisited: The Acheulean lithic industry in the Lower Stratigraphic Complex. *Quaternary International*, 1-23.

- Sañudo, P., Vallverdú-Poch, J. and Canals, A. (2012). Spatial patterns in Level J. In Carbonell, E. (Ed.): High resolution. Archaeology and Neanderthal behavior. Time and space in Level J of Abric Romaní (Capellades, Spain), Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology Series. Springer, pp. 47-76.
- Sañudo, P., Blasco, R. and Fernández Peris, J. (2016). Site formation dynamics and human occupations at Bolomor Cave (Valencia, Spain): An archaeostratigraphic analysis of levels I to XII (100-200 ka). *Quaternary International* 417, 94-104.
- Savage, S. H. (1997). Descent Group Competition and Economic Strategies in Predynastic Egypt. *Journal of Anthropological Archaeology* 16, 226-268.
- Schick, K. D. (1984). Processes of Palaeolithic site formation: An experimental study. Ph. D Thesis, University of California, Berkeley.
- Schick, K. D. (1986). Stone Age sites in the making. Experiments in the formation and transformation of archaeological occurrences. *British Archaeological Reports International Series* 319.
- Schick, K. D. (1987). Experimentally-derived criteria for assessing hydrologic disturbance of archaeological sites. In Petraglia, M. D. and Nash, D. T. (Eds.): Natural formation processes and the archaeological record. *British Archaeological Reports International Series* 352, 86-107.
- Schiffer, M. B. (1985). Is there a Pompeii Premise in Archaeology? *Journal of Anthropological Research* 41, 18-41.
- Schiffer, M.B. (1987). *Formation Processes of the Archaeological Record*, University of New Mexico Press, Albuquerque.
- Senger, O. (2013). A statistical power comparison of the Kolmogorov-Smirnov two-sample test and the Wald Wolfowitz test in terms of Fixed Skewness and Fixed Kurtosis in large sample sizes. *Chinese Business Review*, 12 (7), 469-476.
- Sergant, J., Crombe, P. and Perdaen, Y. (2006). The “invisible” hearths: A contribution to the discernment of Mesolithic non-structured surface hearths. *Journal of Archaeological Science* 33, 999-1007.
- Sesé, C. (1986). Insectívoros, roedores y lagomorfos (Mammalia) del sitio de ocupación achelense de Ambrona (Soria, España). *Estudios Geológicos* 42, 355-359.
- Sesé, C. and Soto, E. (2005). Mamíferos del yacimiento del Pleistoceno medio de Ambrona: análisis faunístico e interpretación paleoambiental. In Santonja, M. and Pérez-González, A. (Eds): *Los yacimientos paleolíticos de Ambrona y Torralba (Soria). Un siglo de investigaciones arqueológicas. Zona Arqueológica* 5, pp. 258-280.

- Shackley, M. L. (1974). Stream abrasion of flint implements. *Nature* 248, 501-502.
- Shahack-Gross, R., Bar-Yosef, O. and Weiner, S. (1997). Black-coloured bones in Hayonim Cave, Israel: Differentiating between burning and oxide staining. *Journal of Archaeological Science* 24, 439-446.
- Shipman, P., Foster, G.F. and Schoeninger, M. (1984). Burnt bones and teeth: And experimental study of colour, morphology, crystal structure and shrinkage. *Journal of Archaeological Science* 11, 307-325.
- Shipton, C., Blinkhorn, J., Breeze, P. S., Cuthbertson, P., Drake, N., Groucutt, H. S., Jennings, R. P., Parton, A., Scerri, E. M. L., Alsharekh, A. and Petraglia, M. D. (2018). Acheulean technology and landscape use at Dawadmi, central Arabia. *PLoS ONE* 13(7), doi: 10.1371/journal.pone.0203488.
- Sibson, R. (1981). *A Brief Description of Natural Neighbor Interpolation. Interpolating Multivariate Data.* John Wiley & Sons: Nueva York, pp. 21-36.
- Sichel, H.S. (1947). An experimental and theoretical investigation of bias error in mine sampling with special reference to narrow gold reefs. *Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy* 56, 403-473.
- Silverman, B. W. (1986). *Estimación de densidad para las estadísticas y el análisis de datos.* New York: Chapman and Hall.
- Simek, J. and Larick, R. (1983). The recognition of multiple spatial patterns: A case study from the French Upper Palaeolithic. *Journal of Archaeological Science* 10, 165-180.
- Simek, J. and Leslie, P. (1983). Partitioning Chi-square for the analysis of frequency table data: An archaeological application. *Journal of Archaeological Science* 10, 79-85.
- Simek, J. F. (1984). Integrating pattern and context in spatial archaeology. *Journal of Archaeology Science* 11, 405-420.
- Sisk, M. L. and Shea, J. J. (2008). Intrasite spatial variations of the Omo Kibish Middle Stone Age assemblages: Artifact refitting and distribution patterns. *Journal of Human Evolution* 55, 486-500.
- Skarpe, C. (1991). Spatial patterns and dynamics of woody vegetation in an arid savanna. *Journal of Vegetation Science* 2, 565-572.
- Smith, G. M. (2012). Hominin-Carnivore interaction at the Lower Palaeolithic site of Boxgrove, UK. *Journal of Taphonomy* 10(3-4), 373-394.

- Smith, G. M (2013). Taphonomic resolution and hominin subsistence behaviour in the Lower Palaeolithic: Differing data scales and interpretative frameworks at Boxgrove and Swanscombe (UK). *Journal of Archaeological Science* 40, 3754-3767.
- Sneed, E. D. and Folk, R. L. (1958). Pebbles in the lower Colorado River, Texas, a study in particle morphogenesis. *Journal of Geology* 66 (2), 114-150.
- Soler Mayor, B. (2003). Estudio de las estructuras de combustión prehistóricas: una propuesta experimental. Servicio de Investigación Prehistórica. Serie de Trabajos varios, 102. Diputación Provincial de Valencia.
- Spagnolo, V., Marciani, G., Aureli, D., Berna, F., Boscato, P., Ranaldo, F. and Ronchitelli, A. (2016). Between hearths and volcanic ash: The SU 13 palimpsest of the Oscurusciuto rock shelter (Ginosa – Southern Italy): Analytical and interpretative questions. *Quaternary International* 417, 105-121.
- Spagnolo, V., Marciani, G., Aureli, D., Berna, F., Toniello, G., Astudillo, F., Boschin, F., Boscato, P. and Ronchitelli, A. (*in press*). Neanderthal activity and resting areas from stratigraphic unit 13 at the Middle Palaeolithic site of Oscurusciuto (Ginosa – Taranto, Southern Italy). *Quaternary Science Reviews*
- Spenneman, D. and Colley, S. (1989). Fire in a pit: The effects of burning on faunal remains. *Archaeozoologia* 3, 51-64.
- Speth, J. D., Meignen, L., Bar-Yosef, O. and Goldberg, P. (2012). Spatial organization of Middle Paleolithic occupation X in Kebara Cave (Israel): Concentrations of animal bones. *Quaternary International* 247, 85-102.
- Stančič, Z. and Veljanovski, T. (2000). Understanding Roman settlement patterns through multivariate statistics and predictive modelling. In Lock, G. (Ed.): *Beyond the Map: Archaeology and Spatial Technologies*, pp. 147-156. IOS Press, NATO Scientific Affairs Division.
- Stapert, D. (1990). Middle Palaeolithic dwellings: Fact or fiction? Some applications of the ring and sector method. *Palaeohistoria* 32, 1-19.
- Stein, J. K. and Deo, J. N. (2003). Big sites-short time: Accumulation rates in archaeological sites. *Journal of Archaeological Science* 30, 297-316.
- Sterner, R.W., Ribic, C.A. and Schatz, G.E. (1986). Testing for life historical changes in spatial patterns of four tropical tree species. *Journal of Ecology* 74, 621-633.
- Stevenson, M.G. (1991). Beyond the formation of hearth-associated artifact assemblages. In Kroll, E.M. and Price, T.D. (Eds.): *The interpretation of archaeological spatial patterning*. Plenum Press, New York and London, pp. 269-299.

- Stiner, M.C., Kuhn, S.L., Weiner, S. and Bar-Yosef, O. (1995). Differential burning, recrystallization, and fragmentation of archaeological bones. *Journal of Archaeological Science* 22, 223-237.
- Stiner, M.C., Gopher, A. and Barkai, R. (2011). Hearth-side socioeconomics, hunting and paleoecology during the late Lower Paleolithic at Qesem Cave, Israel. *Journal of Human Evolution* 60, 213-233.
- Stinson, K. J. and Wright, H. A. (1969). Temperature headfires in the southern missed prairie of Texas. *Journal Range Management* 22, 169-174.
- Straus, L.G. and González-Morales, M. R. (2003). El Mirón cave and the 14C chronology of Cantabrian Spain. *Radiocarbon* 45, 41–58.
- Straus, L. G. and González-Morales, M. R. (2012). *El Mirón Cave, Cantabrian Spain: The site and its Holocene archaeological record*. Albuquerque: University of New Mexico Press.
- Stuart, A. J. and Lister, A. M. (2014). New radiocarbon evidence on the extirpation of the spotted hyaena (*Crocuta crocuta* (Erxl.)) in northern Eurasia. *Quaternary Science Reviews* 96, 108-116.
- Sutcliffe, A.J. (1970). Spotted hyena: Crusher, gnawer, digester and collector of bones. *Nature* 227, 1110-1113.
- Taylor, R.E., Hare, P.E. and White, T.D. (1995). Geochemical criteria for thermal alteration of bone. *Journal of Archaeological Science* 22, 115-119.
- Théry-Parisot, I. (2002). Fuel management (bone and wood) during the Lower Aurignacian in the Pataud Rock Shelter (Lower Palaeolithic, Les Eyzies de Tayac, Dordogne, France). Contribution of experimentation. *Journal of Archaeological Science* 29, 1415-1421.
- Thompson, C. E. L., Ball, S., Thompson, T. J. U. and Gowland, R. (2011). The abrasion of modern and archaeological bones by mobile sediments: The importance of transport modes. *Journal of Archaeological Science* 38, 784-793.
- Tong, D. and Murray, A. T. (2012). Spatial optimization in Geography. *Annals of the Association of American Geographers*, 102 (6), 1290-1309. doi: 10.1080/00045608.2012.685044
- Toots, H. (1965). Random orientation of the fossils and its significance. Vol. 4. University of Wyoming, *Contributions to Geology*, 59-62.
- Twomey, T.M. (2011). *Keeping fire: The cognitive implications of controlled fire use by Middle Pleistocene humans*. Ph. D. Thesis, University of Melbourne.

- Twomey, T.M. (2013). The cognitive implications of controlled fire use by early humans. *Cambridge Archaeological Journal* 23 (01), 113-128.
- Twomey, T.M. (2014). How domesticating fire facilitated the evolution of human cooperation. *Biology & Philosophy* 29 (1), 89-99.
- Uribelarrea, D., Martín-Perea, D., Díez-Martín, F., Sánchez-Yustos, P., Domínguez-Rodrigo, M., Baquedano, E. and Mabulla, A. (2017). A reconstruction of the paleolandscape during the earliest Acheulian of FLK West: The co-existence of Oldowan and Acheulian industries during lowermost Bed II (Olduvai Gorge, Tanzania). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 488, 50-59.
- Uzquiano, P., Yravedra, J., Ruiz Zapata, B., Gil, M. J., Sesé, C. and Baena, J. (2012). Human behavior and adaptations to MIS 3 environmental trends (>53-30 kyrs BP) at El Esquilleu cave (Cantabria, northern Spain). *Quaternary International* 252, 82-89.
- VV.AA. (1906). *Manuel des recherches préhistoriques*. Société Préhistorique de France, Paris.
- Vallverdú, J., Allué, E., Bischoff, J. L., Cáceres, I., Carbonell, E., Cebrià, A., García-Antón, M. D., Huguet, R., Ibáñez, N., Martínez, K., Pastó, I., Rosell, J., Saladié, P. and Vaquero, M. (2005). Short human occupations in the Middle Palaeolithic Level I of the Abric Romaní rock-shelter (Capellades, Barcelona, Spain). *Journal of Human Evolution* 48, 157-174.
- Vallverdú, J., Vaquero, M., Cáceres, I., Allué, E., Rosell, J., Saladié, P., Chacón, G., Ollé, A., Canals, A., Sala, R., Courty, M. A. and Carbonell, E. (2010). Sleeping activity area within the site structure of archaic human groups: Evidence from Abric Romaní Level N combustion activity areas. *Current Anthropology* 51(1), 137-145.
- Vallverdú, J. and Courty, M. A. (2012). Microstratigraphic analysis of Level J deposits: A dual paleoenvironmental-paleoethnographic contribution to Paleolithic archeology at the Abric Romaní. In Carbonell, E. (Ed.): *High resolution archaeology and Neanderthal behavior, Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology Series. Time and space in Level J of Abric Romaní (Capellades, Spain)*. Springer, pp. 77-133.
- Vallverdú, J., Gómez de Soler, B., Vaquero, M. and Bischoff, J. L. (2012). The Abric Romaní site and the Capellades region. In Carbonell, E. (Ed.): *High resolution archaeology and Neanderthal behavior, Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology Series. Time and space in Level J of Abric Romaní (Capellades, Spain)*. Springer, pp. 19-46.

- Vaquero, M. (1999). Intrasite spatial organization of lithic production in the Middle Paleolithic: The evidence of the Abric Romaní (Capellades, Spain). *Antiquity* 73(281), 493–504.
- Vaquero, M. and Pastó, I. (2001). The definition of spatial units in Middle Palaeolithic sites: The hearth-related assemblages. *Journal of Archaeological Science* 28, 1209-1220.
- Vaquero, M., Chacón, G., Fernández, C., Martínez, K. and Rando, J. M. (2001). Intrasite spatial patterning and transport in the Abric Romaní Middle Paleolithic site (Capellades, Barcelona, Spain). In Conard, N. J. (Ed.): *Settlement dynamics of the Middle Paleolithic and Middle Stone Age*, 573-595.
- Vaquero, M., Rando, J.M. and Chacón, M. G. (2004). Neanderthal spatial behavior and social structure: Hearth-related assemblages from the Abric Romaní Middle Palaeolithic site. In Conard, N.J. (Ed.): *Settlement Dynamics of the Middle Paleolithic and Middle Stone Age*, vol. 2. Kerns Verlag, Tübingen, pp. 367-392
- Vaquero, M., Chacón, M. G., Cuartero, F., García-Antón, M. D., Gómez de Soler, B. and Martínez, K. (2012a). The lithic assemblage of Level J. In Carbonell, E. (Ed.): *High Resolution Archaeology and Neanderthal Behavior, Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology Series*. Springer, pp. 189-311.
- Vaquero, M., Chacón, M. G., García-Antón, M. D., Gómez de Soler, B., Martínez, K. and Cuartero, F. (2012b). Time and space in the formation of lithic assemblages: The example of Abric Romaní Level J. *Quaternary International* 247, 162-181.
- Vaquero, M., Bargalló, A., Chacón, M. G., Romagnoli, F. and Sañudo, P. (2015). Lithic recycling in a Middle Paleolithic expedient context: Evidence from the Abric Romaní (Capellades, Spain). *Quaternary International* 361, 212-228.
- Vaquero, M., Fernández-Laso, M. C., Chacón, M. G., Romagnoli, F., Rosell, J. and Sañudo, P. (2017). Moving things: Comparing lithic and bone refits from a Middle Paleolithic site. *Journal of Anthropological Archaeology* 48, 262-280.
- Vidal-Matutano, P. (2017). Firewood and hearths: Middle Palaeolithic woody taxa distribution from El Salt, stratigraphic unit Xb (Eastern Iberia). *Quaternary International* 457, 74-84.
- Villa, P. (1990). Torralba and Áridos: Elephant exploitation in Middle Pleistocene Spain. *Journal of Human Evolution* 19, 299-309.
- Villa, P. and D'Errico, F. (2001). Bone and ivory points in the Lower and Middle Palaeolithic. *Journal of Human Evolution* 41, 69-112.
- Villa, P., Bon, F. and Castel, J.-C. (2002). Fuel, fire and fireplaces in the Palaeolithic of Western Europe, *Review of Archaeology* 23, 33-42.

- Villa, P., Soto, E., Santonja, M., Pérez-González, A., Mora, R., Parcerisas, J. and Sesé, Ca. (2005). New data from Ambrona: Closing the hunting versus scavenging debate. *Quaternary International* 126-128, 223-250.
- Villaverde, V., Eixea, A., Zilhao, J., Sanchis, A., Real, C. and Bergadà, M. (2017). Diachronic variation in the Middle Paleolithic settlement of Abrigo de la Quebrada (Chelva, Spain). *Quaternary International* 435, 164-179.
- Voorhies, M.R. (1969). Taphonomy and population dynamics of an Early Pliocene vertebrate fauna, Knox County, Nebraska. *Contributions to Geology, Special Paper* 1.
- Walter, M.J. and Trauth, M.H. (2013). A MATLAB based orientation analysis of Acheulean handaxe accumulations in Olorgesailie and Kariandusi, Kenya Rift. *Journal of Human Evolution* 64, 569-581.
- Watson, D. F. and Philip, G. M. (1985). A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation. *Geoprocessing* 2, 315-327.
- Wheeler, R. E. M. (1956). *Archaeology from the earth*. Penguin, London.
- Wiessner, P.W. (2014). Embers of society: Firelight talk among the Ju/'hoansi Bushmen. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111 (39), 14027-14035.
- Woodcock, N.H. (1977). Specification of fabric shapes using an eigenvalue method. *Geological Society of America Bulletin* 88, 1231-1236.
- Woodcock, N.H. and Naylor, M.A. (1983). Randomness testing in three-dimensional orientation data. *Journal of Structural Geology* 5, 539-548.
- Yellen, J. E. (1977a). *Archaeological Approaches to the Present*. New York: Academic Press.
- Yellen, J.E. (1977b). Cultural patterning in faunal remains: Evidence from the !Kung Bushmen. In Ingersoll, D., Yellen, J.E. and MacDonald, W. (Eds.): *Experimental Archaeology*. Columbia University Press, New York, pp. 271-331.
- Yravedra, J., Baena, J., Arrizabalaga, Á. and Iriarte, M.J. (2005). El empleo de material óseo como combustible durante el Paleolítico Medio y Superior en el Cantábrico. In Montes Barquín, R. and Lasheras Corruçhaga, J.A. (Eds.): *Monografías Museo de Altamira*. Ministerio de Cultura, Madrid, pp. 369-383.
- Yravedra, J. (2006). Acumulaciones biológicas en yacimientos arqueológicos: Amalda VII y Esquilleu III-IV. *Trabajos de Prehistoria* 63 (2), 55-78.

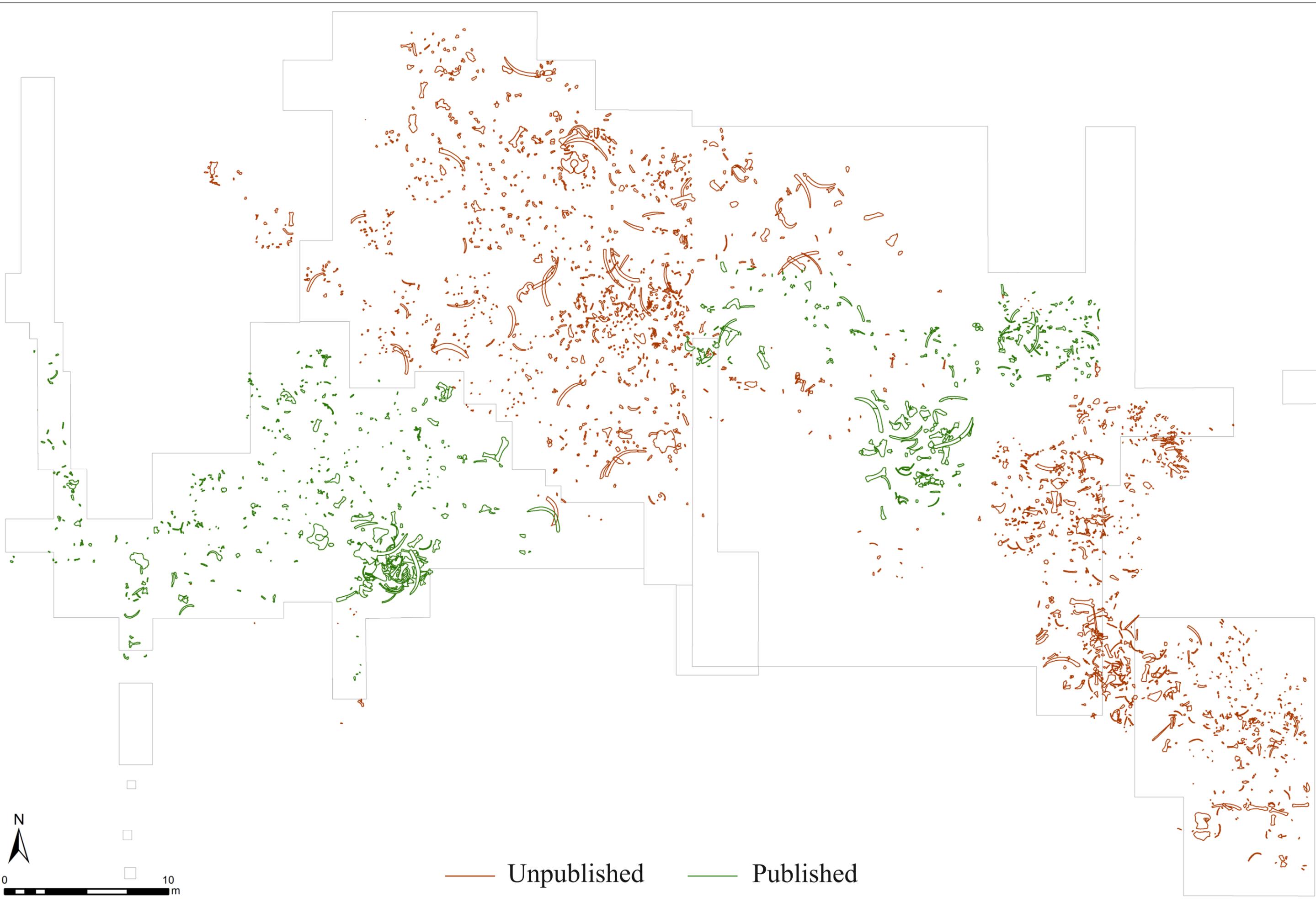
- Yravedra, J. (2007). Nuevas contribuciones en el comportamiento cinegético de la Cueva de Amalda. *Munibe* 58, 43-88.
- Yravedra, J., Domínguez-Rodrigo, M., Santonja, M., Pérez-González, A., Panera, J., Rubio-Jara, S. and Baquedano, E. (2010). Cut marks on the Middle Pleistocene elephant carcass of Áridos 2 (Madrid, Spain). *Journal of Archaeological Science* 37, 2469-2476.
- 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* 68, 175-190.
- Yravedra, J., Álvarez-Alonso, D., Estaca-Gómez, V., López-Cisneros, P., Arrizabalaga, A., Elorza, M., Iriarte, M. J., Jordá, J. F., Sesé, C. and Uzquiano, P. (2017). New evidence of bones used as fuel in the Gravettian level at Coímbre cave, northern Iberian Peninsula. *Archaeological Anthropological Sciences* 9, 1153-1168.



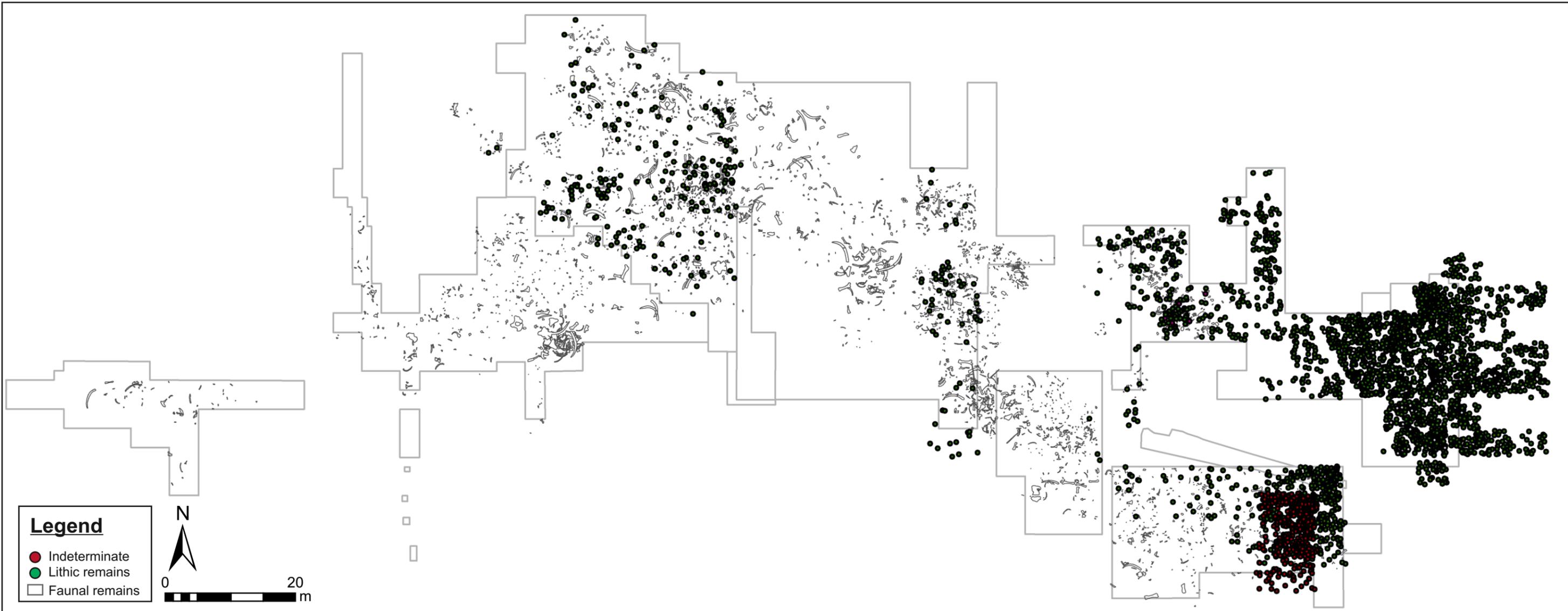
# Anexo I

---









**Legend**

- Indeterminate
- Lithic remains
- Faunal remains

N

0 20 m

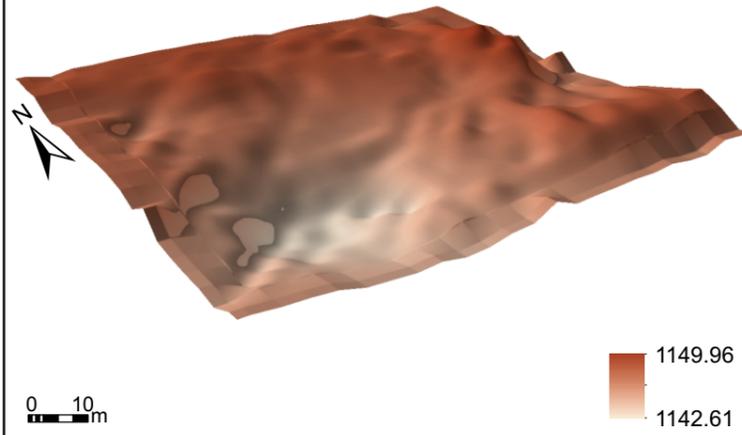


# Anexo II

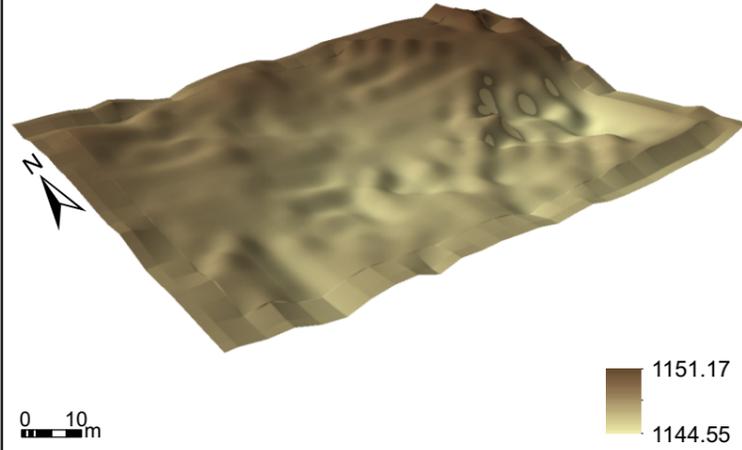
---



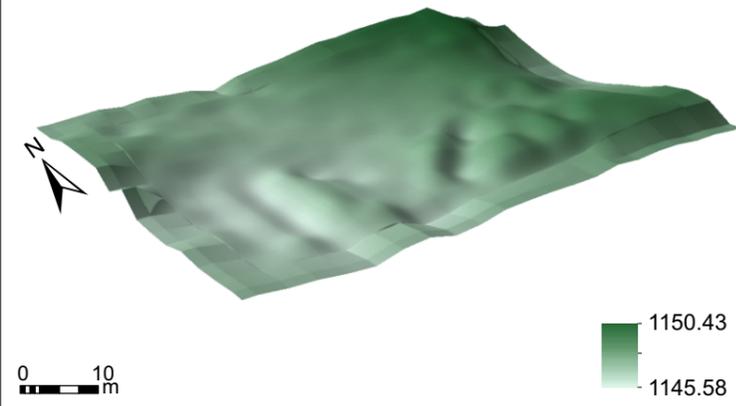
**Keuper**



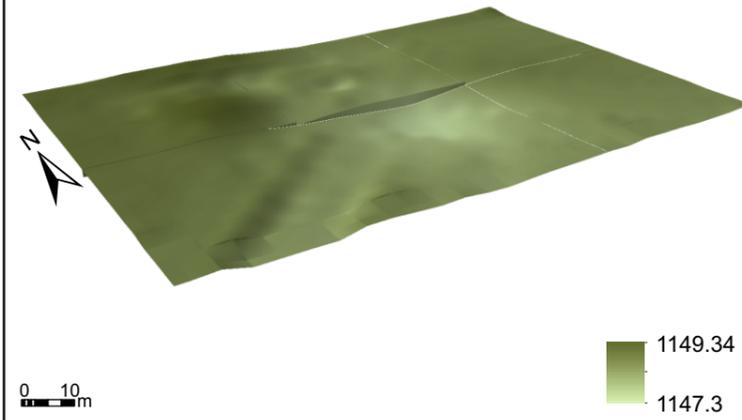
**AS1**



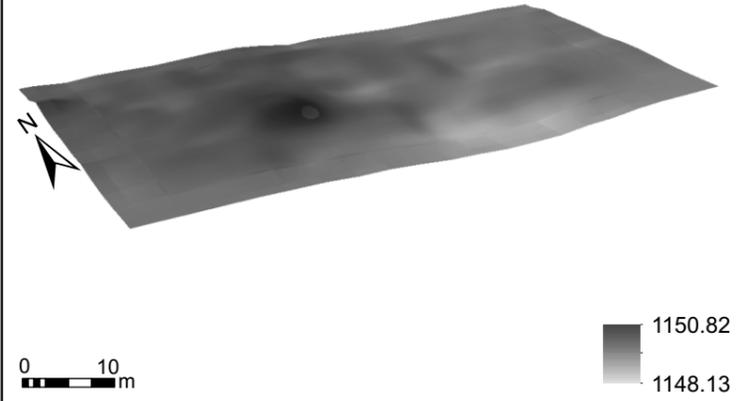
**AS3**



**AS4**



**AS5**



**AS6**

