

# **Paisajes romanos en el sur de la Provincia Tarraconense. Análisis arqueológico de la estructura territorial y el modelo socioeconómico**

**Ignasi Grau Mira  
Jaime Molina Vidal  
Julia Sarabia-Bautista  
Daniel Mateo Corredor  
(Eds.)**

## **PAIRO**



**INAPH**  
**COLECCIÓN *PETRACOS* 13**

**Paisajes romanos en el sur  
de la Provincia Tarraconense.  
Análisis arqueológico de  
la estructura territorial y  
el modelo socioeconómico**



IGNASI GRAU MIRA  
JAIME MOLINA VIDAL  
JULIA SARABIA-BAUTISTA  
DANIEL MATEO CORREDOR  
(EDS.)

**Paisajes romanos en  
el sur de la Provincia  
Tarraconense.  
Análisis arqueológico de  
la estructura territorial y  
el modelo socioeconómico**

PETRACOS es una publicación de difusión y divulgación científica en el ámbito de la Arqueología y el Patrimonio Histórico, cuyo objetivo central es la promoción de los estudios efectuados desde el Instituto Universitario de Investigación en Arqueología y Patrimonio Histórico de la Universidad de Alicante –INAPH–. *Petracos* también pretende ser una herramienta para favorecer la transparencia y eficacia de la investigación arqueológica desarrollada, transfiriendo a la sociedad el conocimiento generado con la mayor rigurosidad posible. Esta serie asegura la calidad de los estudios publicados mediante un riguroso proceso de revisión de los manuscritos remitidos y el aval de informes externos de especialistas relacionados con la materia, aunque no se identifica necesariamente con el contenido de los trabajos publicados.

**Dirección:**

Lorenzo Abad Casal  
Mauro S. Hernández Pérez

**Consejo de redacción:**

Lorenzo Abad Casal  
Mauro S. Hernández Pérez  
Sonia Gutiérrez Lloret  
Francisco Javier Jover Maestre, secretario  
Jaime Molina Vidal  
Alberto J. Llorio Alvarado

© del texto e imágenes: los autores

**Edita:** Instituto Universitario de Investigación en Arqueología,  
Patrimonio Histórico (INAPH) y Publicacions Universitat d'Alacant

**Imagen de cubierta:**

Logo del proyecto PAIRO. *Paisajes romanos en el sur de la provincia tarraconense. Análisis arqueológico de la estructura territorial y modelo socioeconómico* (PID2019-107264GB-I00)

**ISBN:** 978-84-1302-233-8

**Depósito legal:** A 471-2023

**Diseño y maquetación:** Marten Kwinkelenberg

**Imprime:** Byprint Percom S.L

Impreso en España

# Índice

---

- 9**    **1. Introducción. Hacia una caracterización del poblamiento, la estructura territorial y el modelo económico de época romana en los paisajes rurales del sur de la Tarraconense**

*Ignasi Grau Mira, Daniel Mateo Corredor, Jaime Molina Vidal y Julia Sarabia-Bautista*

- 19**    **2. Els Ecles-La Rana/Les Punes: un ejemplo de paisaje rural de producción en la Vall de Xàbia (Gata de Gorgos, Alacant)**

*Daniel Mateo Corredor, Jaime Molina Vidal, Julia Sarabia-Bautista, Ignasi Grau Mira, Isabel M<sup>a</sup> Rondán Sevilla, Juan Francisco Álvarez Tortosa, L. G. Lagóstena Barrios y Joaquim Bolufer Marques*

- 69**    **3. El centro de producción agrícola y alfarero de les Hortes (Xaló, Alacant)**

*Daniel Mateo Corredor, Juan Francisco Álvarez Tortosa, Rubèn Vidal i Bertomeu, Felipe Poquet Domènech e Ignasi Grau Mira*

- 91**    **4. Las terrazas romanas de Ull de Canals (Banyeres de Mariola, Alacant). Aproximación espacial, geoarqueológica y bioarqueológica a las estrategias agrarias**

*Ignasi Grau Mira, Mario Gutiérrez-Rodríguez, José Antonio López Sáez, Marta Portillo, Gianni Gallelo y Julia Sarabia-Bautista*

**127 5. El asentamiento romano de Les Hortes Sud (Ibi, Alacant). Producción y transformación agrícola en un espacio rural de la periferia urbana**

*Ignasi Grau Mira, Iván Amorós López, José Ramón Ortega Pérez y Tomás Pedraz Penalva*

**155 6. Conclusiones**

*Ignasi Grau Mira, Julia Sarabia-Bautista, Daniel Mateo Corredor y Jaime Molina Vidal*

**161 Referencias bibliográficas**



## 4. Las terrazas romanas de Ull de Canals (Banyeres de Mariola, Alacant). Aproximación espacial, geoarqueológica y bioarqueológica a las estrategias agrarias

---

Ignasi Grau Mira  
Mario Gutiérrez-Rodríguez  
José Antonio López Sáez  
Marta Portillo  
Gianni Gallelo  
Julia Sarabia-Bautista

### 4.1. INTRODUCCIÓN: ASENTAMIENTO Y TERRAZAS AGRÍCOLAS ROMANAS

El estudio arqueológico multiescalar del paisaje que hemos desarrollado en el marco del proyecto PAIRO nos ha permitido obtener un conocimiento detallado de los patrones de asentamiento antiguo del espacio de estudio y la detección de testimonios de usos agrarios no residenciales a partir de evidencias *off-site*. Un buen ejemplo de este proceder es el que hemos desarrollado en el análisis del paisaje rural de Banyeres de Mariola (Grau y Sarabia-Bautista, 2022). El objetivo de este estudio fue reconocer la dispersión superficial de restos cerámicos y la valoración de estas distribuciones en relación a los usos residenciales, agrícolas o de otras actividades. Para esta prospección en superficie se aplicó una estrategia de registro *off-site* para conocer las diferentes densidades de materiales que se encuentran en la zona y asociarlos a distintos tipos de usos del suelo: residencial, agrícola, productivo... (fig. 4.1).

Durante la prospección detectamos el mismo patrón espacial que viene repitiéndose en otras prospecciones de la región de estudio, y es la existencia de amplias distribuciones espaciales de restos cerámicos que se extienden por varias hectáreas y, en ocasiones, con muy elevadas densidades. A veces, esas amplias zonas de aparición de registros ofrecen cronologías principalmente pertenecientes a un único

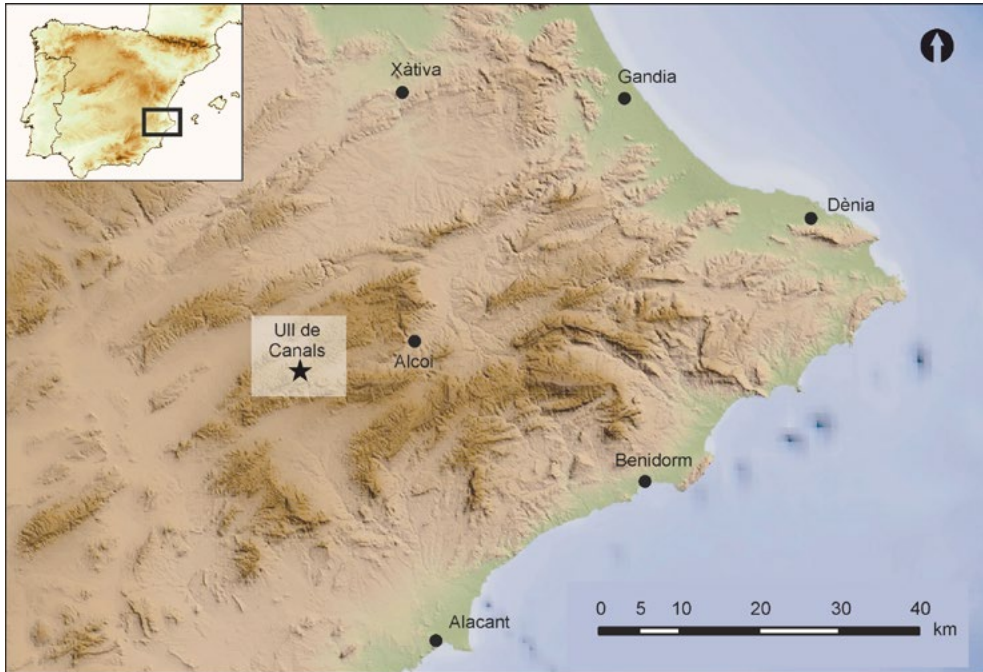


Figura 4.1. Localización de la zona de estudio

periodo histórico. Sin embargo, suelen ser frecuentes los casos en que se produce la superposición de restos cerámicos de épocas diversas como resultado de una densa estratificación histórica de sitios rurales de diferentes periodos en los mismos emplazamientos. En estos casos de ocupación secular, procedimos al filtrado cronológico primero y al análisis de densidades a continuación. Esta discriminación por la densidad nos permitía identificar paquetes densos interpretados como sitios y otras distribuciones difusas asociadas a campos de labor que fueron abonados (Grau y Sarabia-Bautista, 2022).

Precisamente para caracterizar las prácticas agrarias en estas parcelas con evidencias de uso antiguo, hemos centrado nuestra atención y trabajos en uno de estos espacios. Se trata del asentamiento de Ull de Canals, escogido por la variedad de evidencias arqueológicas reconocidas (fig. 4.1).

Se trata de una amplia dispersión de materiales que cubre una superficie de alrededor de seis hectáreas, que configuran una suave ladera con ligera pendiente en dirección sur-norte. En esta amplia zona se detectó un sitio de hábitat a partir de tres evidencias:

(1) la existencia de *cropmarks* debidas a un crecimiento diferencial del cultivo por la existencia de restos constructivos enterrados, (2) una densa concentración de materiales, (3) una exploración de georradar que también registró las posibles

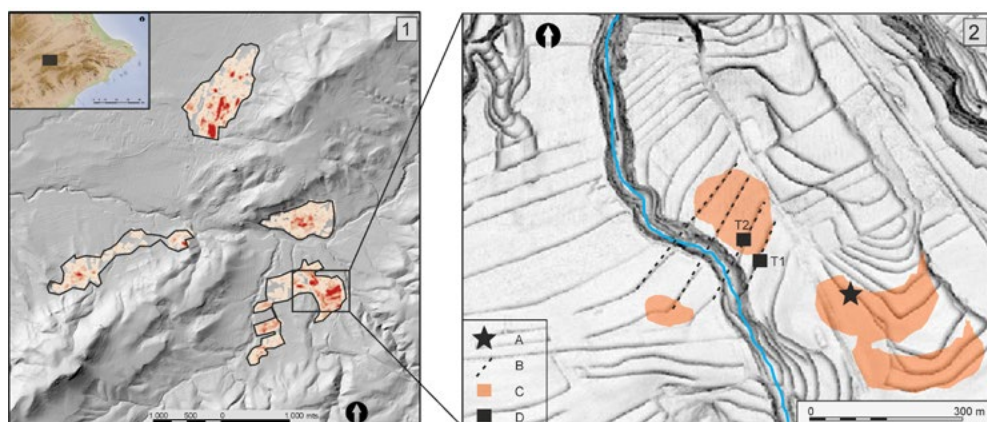


Figura 4.2. Mapa de la zona de análisis. 1: Densidad de restos arqueológicos del área prospectada. 2: Estructura del yacimiento analizado de Ull de Canals. A: Granja romana, B: Terrazas romanas; C: Registro romano fuera del sitio; D: Terrazas excavadas

evidencias constructivas. Todo ello sugiere la ubicación de un asentamiento agrario de reducido tamaño, probablemente una granja, rodeado de sus tierras agrícolas (fig. 4.2).

El repertorio material correspondiente a este sitio es muy homogéneo y de gran resolución cronológica. Está compuesto por gran cantidad de cerámicas a torno locales y romanas. Entre las piezas de tradición local hay vajilla de mesa representada por cuencos de borde reentrante con diferentes tamaños, platos de ala curva y cazuelas. Estas piezas se complementan con vajilla fina de tipo *tierra sigillata* decorada gálica e hispánica y una copa decorada de paredes finas. La cerámica de cocina está representada por ollas de perfiles diversos y dos tapaderas de cerámica africana de cocina. Entre las piezas de almacenamiento hay bordes moldurados de jarras medianas o de cierto tamaño. También hay ánforas con bordes engrosados o redondeados de producción local y *dolia* o recipientes de almacenaje. Todos estos materiales aportan una cronología del sitio acotada entre el s. I a.C. y el s. II d.C. (fig. 4.3).

Alrededor de esta granja se localiza una amplia dispersión de restos cerámicos que no corresponde a construcciones de hábitat, pues las exploraciones geofísicas realizadas no han documentado restos constructivos enterrados. Estos restos dispersos deben relacionarse con el abonado de las parcelas agrícolas con desechos domésticos generados en los sitios cercanos, como ha podido analizarse en anteriores trabajos. En estas parcelas con dispersiones de cerámicas antiguas se ha detectado un pequeño sistema de terrazas enterradas que está formado por cuatro plataformas (fig. 4.2, 2).

Las características constructivas de estas terrazas son muy diferentes en sus materiales y formas de construcción empleados en los bancales medievales y modernos. Además, están cortadas por un barranco de unos 15 m de anchura que se formó

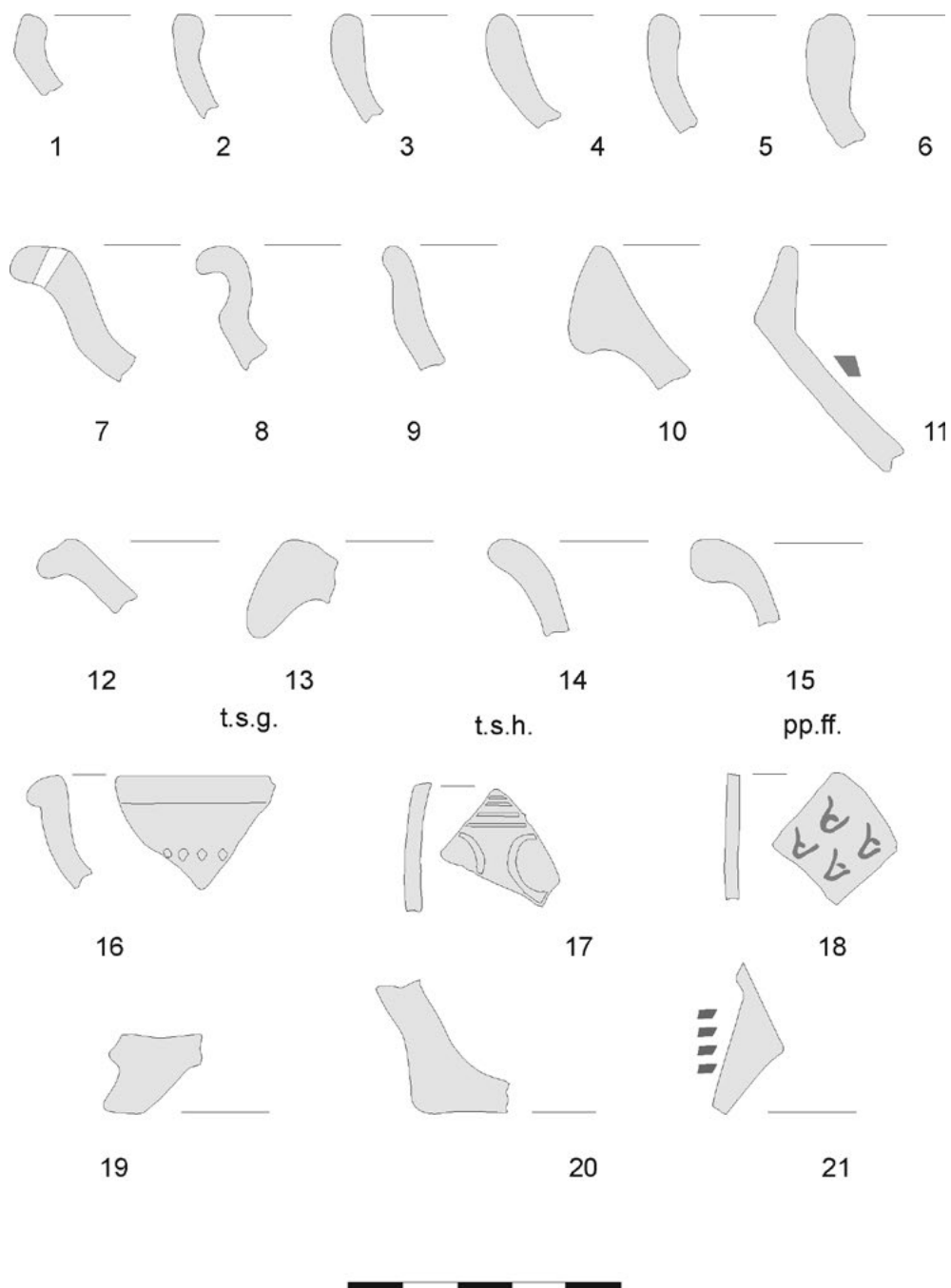


Figura 4.3. Cerámica Romana de Ull de Canals

con posterioridad al aterrazamiento del espacio agrícola. Esa importante escisión del terreno evidenciaría la antigüedad del sistema parcelario.

Estos bancales son los que han sido objeto de investigación arqueológica durante una campaña en el año 2018 para aproximarnos a las estrategias agrarias romanas. Se procedió a la realización de algunos sondeos en dos de las terrazas para analizar la secuencia de formación y usos agrarios que ahora presentamos.

## 4.2. EXCAVACIÓN ARQUEOLÓGICA, DESCRIPCIÓN DEL SUELO Y DATACIÓN

En la plataforma superior, denominada Terraza 1 (T1), se planteó un sondeo para la limpieza de los paramentos exteriores que constituyen el muro de contención de la terraza y la excavación del relleno interior para conocer la composición de la secuencia estratigráfica y sus procesos formativos antrópicos y edáficos. El proceso de excavación reveló un suelo Cambisol cálcico compuesto por los siguientes horizontes de suelo (fig. 4.4, Tabla 4.1):

Horizonte Ah: 0-18 cm. Color 10 YR 6/2 (gris parduzco claro). Presenta una textura arcillo-limosa, blanda, seca y una pedalidad granular moderadamente desarrollada. Muestra abundantes fragmentos de caliza (35-40%) y de arena gruesa a grava mediana, dispuestos aleatoriamente, con morfologías redondeadas a

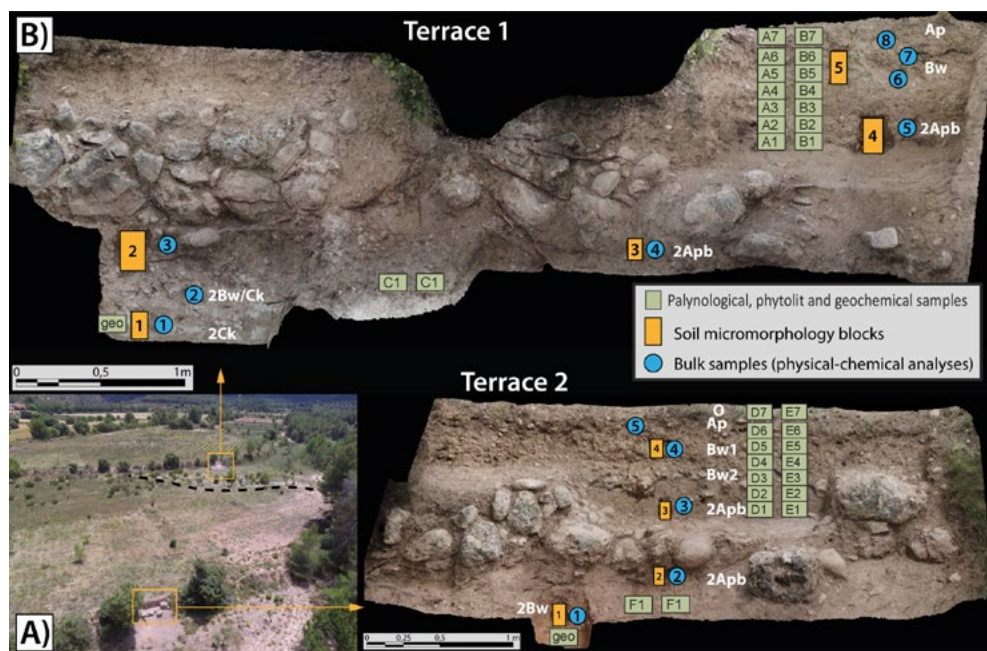


Figura 4.4. Sección arqueológica de las terrazas excavadas con las Unidades Estratigráficas y ubicación de las muestras para análisis biológico y geoquímico

4. Las terrazas romanas de Ull de Canals (Banyeres de Mariola, Alacant). Aproximación espacial, geoarqueológica y bioarqueológica a las estrategias agrarias

	Ba SD	Ba	K SD	K	Ca SD	Ca	Mg SD	Mg	Si SD	Si	Al SD	Al	Ti SD	Ti	Mn SD	Mn	Fe SD	Fe	Zn SD	Zn	Pb SD	Pb	Zr SD	Zr				
1	52,05	<D.L.	83,02	2,26	104,55	28,09	292,58	60,63	77619,03	4732,91	208,25	29,79	726,52	42,63	150783,38	7881,59	639354,69	18079,85	129535,3	23971,21	369073,34	752,29	8398,57	209,78	257,85	21,32		
2	27,65	2,05	<D.L.	98,63	289,35	99,78	52705,82	5308,59	161,72	29,84	143,55	36,36	146829,28	19306,15	529518	29879,86	269709,47	39233,83	459580,91	870,06	3003,97	191,83	270,07	23,44	3003,97	191,83	270,07	23,44
3	89,35	2,49	87,58	29,82	296,22	66,04	63030,27	4487,72	172,42	29,16	595,02	41,87	154709,64	9795,8	623889,5	21325,45	156450,64	27442,93	404567	797,3	6385,4	203,69	219,49	21,45	6385,4	203,69	219,49	21,45
4	85,05	2,46	96,8	34,92	361,42	78,39	82909,68	6085,64	185,41	29,67	542,87	36,2	141727,28	8667,29	674954,31	22137,67	98500,05	29188,04	323653,41	658,13	7096,11	181,83	235,79	22,19	7096,11	181,83	235,79	22,19
5	97,42	2,52	104,55	28,09	292,58	60,63	77619,03	4732,91	208,25	29,79	726,52	42,63	150783,38	7881,59	639354,69	18079,85	129535,3	23971,21	369073,34	752,29	8398,57	209,78	257,85	21,32	8398,57	209,78	257,85	21,32
6	93,08	2,54	79,37	27,92	253,76	60,32	81955,02	5158,89	203,21	29,59	973,75	41,75	157756,42	7853,43	642426,75	18601,8	116214,79	24861,55	334511,34	685,47	8047,08	193,97	135,1	21,39	8047,08	193,97	135,1	21,39
7	83,64	2,41	126,29	31,96	258,48	65,99	79288,05	5917,39	167,22	28,81	842,35	45,9	180901,28	8911,53	637739,25	22009,1	100116,77	29429,5	420001,5	832,3	7244,6	216,72	183,2	21,36	7244,6	216,72	183,2	21,36
8	84,78	2,46	117,84	35,37	372,46	78,58	82060,82	6351,63	162,89	29,37	628,48	40,23	180289,5	8892,66	646502,25	22923,17	89226,69	30678,77	372447,59	735,27	6883,49	194,61	201,94	22,13	6883,49	194,61	201,94	22,13
2	114,57	2,55	143,63	30,95	505,75	70,71	120951,77	6258,94	717,12	339,42	975,27	40,48	156877,5	6832,93	607758,31	14875,71	111593,82	22188,87	286571,31	613,68	9183,23	188,6	178,18	21,37	9183,23	188,6	178,18	21,37
2	98,6	2,46	161,82	30,63	490	67,95	121300,12	6065,61	1191,21	29,82	1107,38	44,38	163374,38	6777,89	593141,06	14218,87	118643,75	21465,44	295678,66	656,64	11638,99	215,29	247,19	20,88	11638,99	215,29	247,19	20,88
3	95,47	2,47	311,8	30,38	586,81	67,38	10518,56	6095,1	245,31	30,75	1071,73	40,42	14699,22	57718,09	636934,18	16661,82	94926,20	23602,22	263586,06	585,06	11007,54	195,61	237,89	21,61	11007,54	195,61	237,89	21,61
4	100,79	2,52	158,65	30,45	420,16	66,73	103185,55	6033,06	794,61	30,24	952,08	43,08	170042,23	7083,6	632500,56	17060,26	91304,02	24059,81	329829,84	691,45	10593,42	212,48	255,42	21,52	10593,42	212,48	255,42	21,52
5	99,05	2,48	215,68	34,36	506,22	72,47	107558,34	5979,04	<D.L.	719,07	922,89	39,92	149707,23	6873,62	641367,81	16263,38	98548,39	23144,63	283869,25	610,93	10722,4	197,59	227,09	21,41	10722,4	197,59	227,09	21,41

Tabla 4.1. Valores de concentración de pXRF en ppm ( $\mu\text{g/g}$ ) de las muestras de sedimento a granel tomadas en las terrazas 1 y 2 (correspondientes a los círculos azules de la Fig. 2). <D. L. = Por debajo del límite de detección

subredondeadas. Las raíces son muy comunes, oscilando entre 1 y 20 cm. Este horizonte muestra un límite inferior neto. Tiene su origen en la época contemporánea.

Horizonte Bw: 18-30 cm. Color 10 YR 7/2 (gris claro). Este horizonte está compuesto de arcilla limosa. Muestra una textura maciza, dura y seca. Los fragmentos de piedra caliza subredondeados y caóticamente dispuestos son comunes (25-30%). El límite inferior es gradacional. Como este horizonte de suelo sella el muro de piedra seca, se asocia estratigráficamente con el abandono del paisaje de terrazas. Los fragmentos de cerámica encontrados dentro de este horizonte fechan su génesis en los períodos medieval y moderno temprano (siglos XIII-XIX d.n.e.). Más concretamente, la cronología de este horizonte la aportan las cerámicas medievales/modernas (2 fragmentos) que son los materiales arqueológicos más recientes identificados en el proceso de excavación. Sin embargo, en este mismo horizonte se han identificado 57 fragmentos amorfos de vajilla común prerromana y romana, 3 fragmentos de borde de plato, 1 fragmento amorfo de cerámica gris local y 2 fragmentos de vajilla romana (1 de borde y 1 amorfo). Todos estos fragmentos, anteriores a la Edad Media a la Edad Moderna, deben entenderse como intrusiones debidas al retrabajado local de los depósitos por procesos antropogénicos y naturales identificados a través de la micromorfología y descritos más adelante.

Horizonte 2A<sub>pb</sub>: 30-71 cm. Color 10 YR 6/2 (gris pardusco claro). Presenta una textura limo-arcillosa, ligeramente dura, seca y una pedalidad granular poco desarrollada. La fracción de minerales gruesos es escasa y se limita a fragmentos calizos redondeados de tamaño medio de grava (5%) y pocos nódulos de carbonato cálcico secundario de tamaño arena gruesa (2%). Las raíces están presentes, con longitudes van desde 0,5 a 10 cm. El límite inferior es abrupto. Este horizonte se ha adscrito cronológicamente a la época romana y, al estar adosado estratigráficamente al muro de piedra seca, se asocia al origen del paisaje agrario en bancales. La cronología de este horizonte de suelo la proporcionan 20 fragmentos de vajillas comunes prerromanas y romanas típicas del siglo I aC al II dC.

Horizonte 2B<sub>w</sub>/C<sub>k</sub>: 135-170 cm. Color 5Y 7/1 (gris rosado). Este horizonte es un suelo franco arcilloso formado por clastos. Muestra una textura dura, seca y conglomerada. Los fragmentos de caliza subredondeada de tamaño de grava fina a media son abundantes (50-60%). Las raíces son raras pero grandes (10 a 50 cm). Muestra un contacto de límite inferior gradual.

Horizonte 2C<sub>k</sub>: 170-200 cm. Color 5Y 6/2 (gris rosado). Este horizonte es una marga maciza, blanda y ligeramente húmeda. Los nódulos redondeados de carbonato cálcico secundario (2-10 cm) son comunes.

Esta misma secuencia se reproduce, con diferencias, en una segunda terraza -Terraza 2- dispuesta unos 40 m ladera abajo en dirección Noroeste. Aquí se procedió a realizar otro sondeo de limpieza y reconocimiento de la estratigrafía. Si bien el proceso de excavación reveló nuevamente un suelo Cambisol cálcico, en esta terraza

las diferencias entre los horizontes están motivadas por cambios en la proporción de arcilla y limo:

Horizonte O: 0-5 cm. Color 10 YR 5/3 (marrón). Este horizonte es arcilloso limoso, de textura seca muy blanda y pedalidad granular bien desarrollada. Los fragmentos de piedra caliza de arena mediana a gruesa son raros y la vegetación de herbáceas muy abundante. Muestra un límite inferior gradacional.

Horizonte Ap: 5-18 cm. Color 10 YR 5/3 (marrón). Presenta una textura arcillo-limosa, blanda, seca y una pedalidad granular moderadamente desarrollada. Muestra abundantes fragmentos de caliza (35-40%) de arena gruesa a grava mediana, dispuestos aleatoriamente, con morfologías redondeadas a subredondeadas. Las raíces son muy comunes, oscilando entre 1 y 20 cm. Este horizonte muestra un límite inferior abrupto. Tiene su origen en la época contemporánea.

Horizonte Bw1: 18-25 cm. Color 10 YR 7/3 (marrón muy pálido). Este horizonte está compuesto de arcilla limosa. Muestra una textura maciza, dura y seca. Los fragmentos de piedra caliza subangulares caóticamente dispuestos son comunes (10-20%), al igual que las raíces (5-20 cm). El límite inferior es gradacional. Si bien los fragmentos de cerámica encontrados dentro de este horizonte son escasos, datan su génesis en los períodos medieval y moderno temprano (ss. XIII-XIX d.n.e.). Nuevamente, hay pocos fragmentos residuales de cerámica prerromana y romana.

Horizonte Bw 2: 25-33 cm. Color 10 YR 8/3 (marrón muy pálido). Presenta una textura limo-arcillosa, ligeramente dura, seca y una pedalidad granular poco desarrollada. La fracción mineral gruesa es abundante y está compuesta por fragmentos de piedra caliza subredondeada de tamaño de grava mediana a gruesa (30-40%). Las raíces son escasas, oscilando entre 0,5 y 10 cm. El límite inferior es gradual. A pesar de la presencia de pocos fragmentos de cerámica prerromana residual, la cerámica más abundante se remonta a la Edad Media y la Edad Moderna.

Horizonte 2Apb: 33-140 cm. Color 7.5 YR 5/2 (marrón). Presenta una textura de arcilla limosa, ligeramente dura, seca y maciza. La presencia de clastos es escasa y se limita a fragmentos de calizas redondeadas de tamaño de grava media (2%) y pocos nódulos de carbonato cálcico secundario de tamaño arena gruesa (2%). Las raíces están ausentes. El límite inferior es abrupto. Este horizonte se ha adscrito cronológicamente a la época romana y, al estar adosado estratigráficamente al muro de piedra seca, se asocia al origen del paisaje agrario en bancales. La cronología de este horizonte de suelo la proporcionan diecinueve fragmentos de cerámica amorfos de vajillas comunes prerromanas y romanas típicas del siglo I a.n.e. al II d.n.e.

Horizonte 2Bw: 140-200 cm. Color 7.5 YR 5/6 (marrón fuerte). Es un horizonte arcilloso de textura maciza, dura y ligeramente húmeda. Los fragmentos de caliza subredondeada de tamaño de grava fina a mediana son comunes (30-40%).



### 4.3. MATERIALES Y MÉTODOS ANALÍTICOS

#### 4.3.1. Estrategia de muestreo

La secuencia estratigráfica descrita con dos grandes fases históricas nos ha servido como base general para el diseño del muestreo micromorfológico, geoquímico y paleobiológico. De ese modo se pueden describir pormenorizadamente los rasgos físicos y también proceder a la comparación de los dos momentos históricos reconocidos.

De ese modo, para el análisis micromorfológico se han tomado muestras compactas para analizar el depósito de relleno de las terrazas y el suelo previo a la construcción de las plataformas (fig. 4.4), además de muestras disgregadas correspondientes a los suelos identificados.

Por su parte para los análisis geoquímicos se tomaron doce muestras por terraza, seis correspondientes a la fase reciente medieval-moderna (A4 a A6; B4-B6 y D4 a D6; E4 a E6) y otras tres a la fase romana (A1 a A3; B1-B3 y D1 a D3; E1 a E3). También se tomaron muestras de la base geológica (geo) y del suelo superficial (A7, B7, D7, Y E7)

Para los análisis de fitolitos y pólenes se tomaron seis muestras por terraza, tres correspondientes a la fase reciente medieval-moderna (A4 a A6 y D4 a D6) y otras tres a la fase romana (A1 a A3 y D1 a D3) (fig. 4.4).

#### 4.3.2. Micromorfología arqueológica de suelos

Se tomaron muestras de micromorfología de suelos y sedimentos no perturbados y orientados a partir de perfiles cronoestratigráficos recolectados durante la temporada de excavación de 2018 (fig. 4.5). La estrategia de muestreo fue sistemática, cubriendo todas las unidades estratigráficas identificadas en campo. Los bloques estabilizados con vendajes de yeso fueron posteriormente secados en estufa durante un día a 50°C. La impregnación se realizó al vacío con resina de poliéster (Palatal P4-01), estireno monómero y catalizador MEK. Se estudiaron 20 láminas delgadas. Se analizaron bajo luces polarizadas planas (PPL), polarizadas cruzadas (XPL) e incidentes oblicuas (OIL). Se siguieron criterios descriptivos estándar propios de la micromorfología de suelos (Courty *et al.*, 1989; Stoops, 2003; Stoops *et al.*, 2010; Karkanis y Goldberg, 2019).

#### 4.3.3. Análisis de los componentes del suelo

Los componentes del suelo se analizaron de acuerdo con métodos estándar (MAPA, 1994) que incluyen carbono total ( $C_{TOT}$ ) y nitrógeno total ( $N_{TOT}$ ), ambos medidos en un instrumento LECO TruSpec CN; contenido equivalente de carbonato cálcico ( $CaCO_3$ ) medido manométricamente según el procedimiento de Barahona *et al.* (1984); granulometría, medida con el método de la pipeta de Robinson (1922); carbono orgánico ( $C_{ORG}$ ) determinado según Tyuring (1951); y fósforo disponible

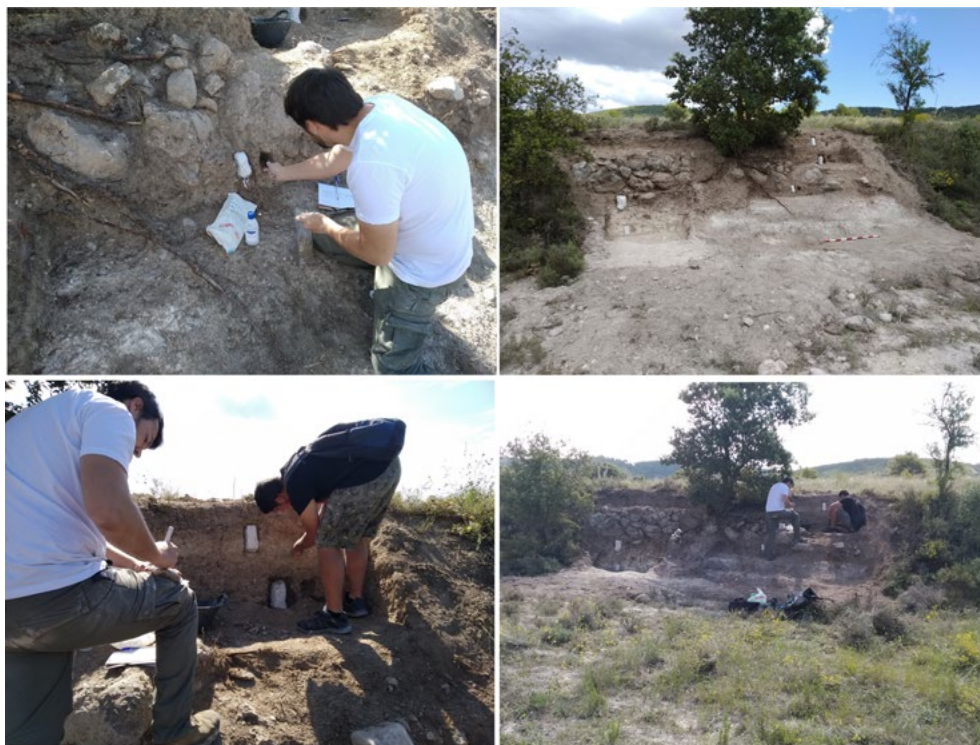


Figura 4.5. Imágenes en las que se aprecia la recogida de muestras micromorfológicas de suelos

( $P_{AV}$ ) determinado según Olsen *et al.* (1954). Para cada muestra se preparó un extracto de suelo con agua en una proporción 1:2.5 (p/vol). A partir de estas soluciones, medimos el pH y la conductividad eléctrica (CE).

#### 4.3.4. Análisis de fitolitos y microfósiles calcíticos

Los análisis de fitolitos siguieron los métodos de Katz *et al.* (2010). Una porción de 40 mg de sedimento seco se trató con 50  $\mu$ l de una solución volumétrica de HCl 6N. Los fitolitos se concentraron con 450  $\mu$ l 2,4 g/ml de solución de politungstato de sodio [ $Na_6(H_2W_{12}O_{40})$ ]. Los portaobjetos de microscopio se montaron con proporciones de 50  $\mu$ l de muestra. Los portaobjetos se examinaron utilizando un microscopio óptico Leica DMEP. Siempre que fue posible, se contaron un mínimo de 200 fitolitos con morfologías reconocibles a 200 $\times$  y 400 $\times$ . Los números estimados de fitolitos por gramo de sedimento se relacionaron con el peso inicial de la muestra y permitieron comparaciones cuantitativas entre las muestras. Los fitolitos que no fueron identificables debido a las picaduras y el grabado se registraron como morfotipos meteorizados. Los fitolitos parcialmente meteorizados que aún eran identificables se atribuyeron a morfotipos específicos. También se registraron morfologías multicelulares (fitolitos pluricelulares o interconectados, en conexión

anatómica). Tanto los registros meteorizados como los multicelulares se utilizan comúnmente como indicadores del estado de conservación de los ensamblajes de fitolitos, pero también del grado de silicificación de las células vegetales (Albert y Weiner, 2001; Albert *et al.*, 2008, 2016; Portillo *et al.*, 2014, 2020a). La identificación morfológica se basó en colecciones de referencia de plantas modernas de la región mediterránea (Tsartsidou *et al.*, 2007; Albert *et al.*, 2008, 2016; Portillo *et al.*, 2014) y literatura estándar (Brown, 1984; Mulholland y Rapp, 1992; Piperno, 2006; Rosen, 1992; Twiss, 1992; Twiss *et al.*, 1969). Los términos utilizados para describir las morfologías de los fitolitos siguen los estándares del Código internacional para la nomenclatura de fitolitos, ICPN v. 2.0 (Neumann *et al.*, 2019).

Los métodos utilizados para el análisis de microfósiles calcícticos son similares a los desarrollados por Canti (1999). Los portaobjetos de microscopio se montaron con aproximadamente 1 mg de muestra seca usando Entellan New de Merck. Las muestras se contaron a 200x (con examen ocasional a 400x) bajo el microscopio óptico en luz polarizada plana (PPL) y luz polarizada cruzada (XPL). Las muestras se compararon con materiales de referencia de plantas modernas de áreas mediterráneas obtenidas por calentamiento en un horno a 550 °C durante 4 h en condiciones controladas de laboratorio (Portillo *et al.*, 2017, 2020a-b; Portillo y Matthews, 2020).

#### 4.3.5. Análisis Palinológico

El tratamiento químico de las 12 muestras sedimentológicas se llevó a cabo siguiendo protocolos estandarizados en la disciplina arqueopalinológica. En la validación de los datos obtenidos se han aceptado las directrices estadísticas y tafonómicas expuestas en López Sáez *et al.* (2006). No se procedió a la tinción de las muestras por la posibilidad de que ésta enmascare la ornamentación de ciertos tipos polínicos. Tras el tratamiento y conservación las muestras se montaron en portaobjetos con cubreobjetos y sellado con histolaque, para proceder al recuento de los distintos tipos polínicos y no polínicos al microscopio óptico. Siempre que se da una muestra por válida, el número de granos de polen contados o suma base polínica (S.B.P.) ha de superar los 200 procedentes de plantas terrestres, albergando además una variedad taxonómica mínima de 20 tipos polínicos distintos, para que dicha muestra sea representativa a nivel estadístico. En el cálculo de los porcentajes se han excluido de la suma base polínica los taxa hidro-higrófilos, que se consideran de carácter local o extra-local por lo que suelen estar sobrerrepresentados. Además, se han excluido de ésta a Cardueae, Cichorioideae y Aster tipo debido a su carácter antropozoógeno. El valor relativo de los palinomorfos excluidos se ha calculado respecto a la S.B.P.

Los morfotipos polínicos han sido establecidos de acuerdo a Moore *et al.* (1991) y Reille (1992, 1995), mientras que el morfotipo Cerealia se identificó siguiendo a Beug (2004). El tratamiento de datos y representación gráfica se ha realizado con ayuda de los programas TILIA y TGview (Grimm, 1992; 2004), junto con el programa de tratamiento de imagen COREL DRAW.

#### 4.3.6. Análisis geoquímico

El análisis de la composición elemental del suelo se llevó a cabo utilizando un analizador portátil de fluorescencia de rayos X NITON XLt 792 siguiendo las recomendaciones del Método 6200 (U.S. EPA, 1998), con un tiempo de conteo fijado en 60 s. Las muestras molidas se colocaron en vasos de muestra de polietileno cubiertos con una película X Mylar (TF-160-255) y se midieron por triplicado (Martín-Peinado *et al.*, 2010). Las concentraciones de fondo geoquímico se midieron en los suelos locales. El analizador portátil de fluorescencia de rayos X (pXRF) se calibró inicialmente utilizando el blindaje de plata y tungsteno dentro del obturador como parte de la rutina de configuración estándar (Figueroa-Cisterna *et al.*, 2011; Martín-Peinado y Rodríguez-Tovar, 2016). La precisión del método analítico se evaluó mediante análisis (9 réplicas) de un material de referencia certificado (CRM034-050). Según la EPA de EE.UU. (2006), la exactitud y la precisión se estimaron mediante la diferencia porcentual relativa (RPD) y la desviación estándar relativa (RSD), respectivamente, entre la concentración en el material de referencia y la concentración medida por pXRF. El límite de detección (DL) se evaluó mediante el análisis de conjuntos de nueve muestras repetidas que contenían los elementos objetivo en concentraciones cercanas al límite de detección estimado en el Método 6200 de la EPA (U.S. EPA, 1998).

Siguiendo el método analítico desarrollado por Gallelo *et al.* (2019) se realizó una segunda batería complementaria de análisis químicos, incluidas las mediciones de pXRF. El propósito de esta segunda prueba fue el análisis comparativo de la composición química básica y los REE entre los dos niveles cronológicos identificados.

La espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) se realizó utilizando un espectrómetro Elan DRCII de Perkin Elmer (Concord, Ontario, Canadá). Se midió el material de referencia certificado de suelo NIM-GBW07408 para probar la exactitud y precisión de los análisis. El método de digestión para la preparación de la muestra con objeto del análisis de ICP-MS fue el descrito por Gallelo *et al.* (2019).

El análisis y la visualización de datos se realizaron con R (versión 4.0.2; R Core Team, 2020) y los siguientes paquetes de R: ggplot2 (Versión 3.3.3; Wickham, 2016) y ggpubr (Versión 0.4.0; Kassambara y Mundt 2020). Se realizó un análisis multivariado de componentes principales (PCA) para reducir la dimensionalidad y observar las principales tendencias de varianza del conjunto de datos. En particular, el análisis PCA se llevó a cabo considerando los marcadores antropogénicos de Ba, Cd, Cu, Pb, Mn, Ni, Sr, V, Zn, P, K, Ca y Fe y empleando la suma total de elementos de tierras raras (REE), anomalía Ce ( $Ce/Ce^*$ ) y anomalía Eu ( $Eu/Eu^*$ ) y proporciones Lan/Ybn (LREE/HREE), Lan/Smn (LREE/MREE) y Smn/Ybn (MREE/HREE) (Gallelo *et al.*, 2019). Donde “n” representa valores normalizados, “L” ligero, “M” medio y “H” pesado REE, los datos se escalaron automáticamente antes del análisis. Para calcular los parámetros, REE se normalizó utilizando *Post Achaean Australian Shale* (PAAS).

## 4.4. ANÁLISIS MICROMORFOLÓGICOS Y FÍSICO-QUÍMICOS DE LAS TERRAZAS

Después de observar las muestras micromorfológicas al microscopio, dividimos ambas terrazas en tres grupos de horizontes superpuestos de acuerdo con los procesos de formación de suelos identificados:

### 4.4.1. Base de la secuencia. Horizontes de suelo previos a la construcción de las terrazas

En la Terraza 1, el horizonte 2Ck presenta una textura margosa masiva bien ordenada bajo el microscopio con una microestructura laminar y abundantes costras sedimentarias con una estratificación ondulada discontinua (fig. 4.6). Estas características apuntan a un suelo desnudo en un paisaje de pendiente suave, donde la formación de costras sedimentarias fue común debido a la desagregación del suelo con redistribución lateral y vertical de material fino debido a la salpicadura de gotas de lluvia. Estos procesos debieron haber ocurrido rápidamente, como lo demuestra la microestructura laminar, que en ambientes coluviales puede estar asociada a la compactación del suelo y el soterramiento rápido (Deák *et al.*, 2017). Hacia la parte superior del horizonte, son comunes las gravas redondeadas de caliza bioclástica sostenida por una micromasa margosa masiva, lo que sugiere flujos hiperconcentrados esporádicos (Karkanis y Goldberg, 2019). Son comunes los canales debido al crecimiento de las plantas con una distribución preferida paralela horizontal, mostrando en su interior excrementos organominerales coalescentes de mesofauna del suelo (Kooistra y Pulleman, 2018). Como edaforrasgos, son comunes los hiporrecubrimientos microesparíticos y los rellenos de canales debido a la biomineralización de las raíces. Localmente, la abundancia de hiporrecubrimientos microesparíticos da como resultado la impregnación de la masa basal con carbonato cálcico secundario, lo que induce una estructura-b cristalina. Esto se ha asociado con suelos con fluctuaciones en el nivel freático, lo que también es perceptible en el empobrecimiento local de carbonato cálcico en la micromasa debido a la disolución en períodos húmedos (Verrecchia y Trombino, 2021). Finalmente, hay recubrimientos de cristales de calcita en agujas precipitados por filamentos fúngicos (Verrecchia y Verrecchia, 1994).

Más arriba en la secuencia, el horizonte 2Bw es un depósito pobremente clasificado con una microestructura granular y una pedalidad bien desarrollada compuesta de gránulos porosos. Estos rasgos de bioturbación son abundantes junto con raíces y excrementos órgano-minerales coalescentes. Dentro de la fracción mineral gruesa, son comunes los fragmentos de caliza bioclástica y dolomía de tamaño arena gruesa redondeada a grava fina con revestimientos de arcilla que indican procesos de ladera (Bertran y Teixier, 1999; Quirós y Nicosia, 2019). Además, hay agregados redondeados de costras sedimentarias y agregados margosos con canales y recubrimientos

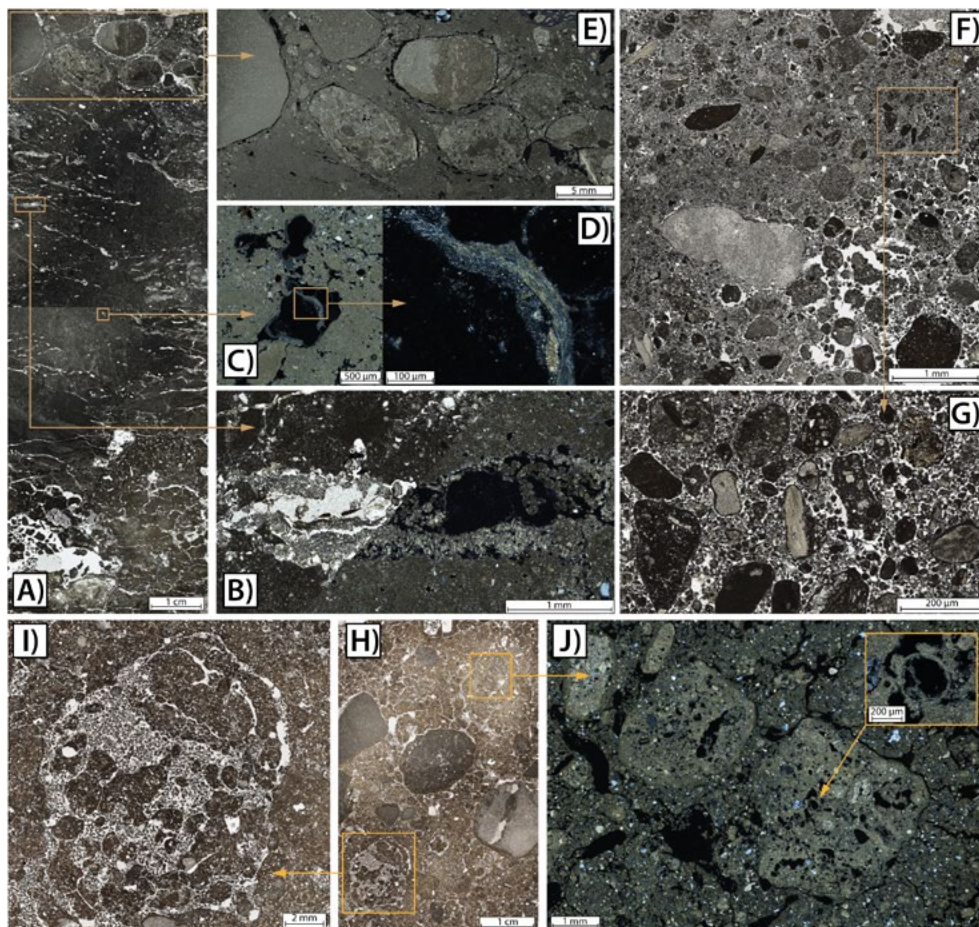


Figura 4.6. Características micromorfológicas de los suelos formados antes de la construcción de las terrazas (Terraza 1: figs. A-G; Terraza 2: figs. H-J). A) láminas delgadas pertenecientes al horizonte 2Ck (PPL). Observe la microestructura platy; B) hiporrecubrimiento microesparítico (PPL y XPL); C) y D) calcita de fibra de aguja dentro de un poro; E) gravas redondeadas soportadas en matriz de calizas bioclásticas depositadas en un flujo hiperconcentrado; F) Sección delgada perteneciente al horizonte 2Bw, que muestra una microestructura granular; G) migajas porosas y fracción mineral gruesa que presenta recubrimientos arcillosos; H) Escaneo de sección delgada del horizonte 2Bw de la terraza 2; I) excrementos organominerales y mesofaúnicos coalescentes complejos dentro de un poro; J) pedorelictos de horizontes inferiores del suelo que muestran canales con calcita de fibra de aguja

de calcita de fibras aciculares que pueden interpretarse como pedorelictos del horizonte 2Ck.

En la Terraza 2, la base de la secuencia excavada comienza con un horizonte 2Bw que muestra muchas similitudes con un horizonte equivalente de la Terraza 1: pobre clasificación del material, microestructura granular, excrementos de mesofauna, pedorelictos y granos más gruesos con recubrimientos de arcilla. La única

diferencia con respecto a la Terraza 1, es que la Terraza 2 se desarrolla en un material base de arcillas rojizas.

Ambas terrazas presentan similares propiedades físico-químicas en sus depósitos de base. Se caracterizan por tener un pH ligeramente alcalino, siendo estos valores superiores al resto de las muestras de ambas terrazas. Esta anomalía positiva también se muestra en la conductividad eléctrica y el contenido de  $\text{CaCO}_3$ , lo que sugiere una acumulación de carbonato de calcio y sales solubles. La concentración de fósforo biodisponible también es mayor en la base de ambas secuencias, especialmente en las muestras tomadas en contacto con las terrazas. La granulometría es más fina en las muestras más bajas de ambas terrazas. En cuanto a la distribución elemental, la base de las dos terrazas muestra una anomalía positiva significativa en la concentración de Ca asociada a procesos edáficos de lavado de carbonatados en horizontes superiores y su posterior acumulación en la base de las secuencias. También es destacable la concentración relativamente alta de Zr en las muestras más bajas con respecto al resto de muestras de perfil de suelo. Este elemento muestra una relativa afinidad con la distribución de Ca y Mg. Las concentraciones más altas en suelos francos como el de Ull de Canals tradicionalmente se asocian con la precipitación de carbonatos biogénicos (Kabata-Pendias, 2010), lo cual guarda correspondencia con la presencia de calcita fibrosa en agujas identificada mediante micromorfología en estos niveles. Además, el Zn muestra concentraciones elevadas en las muestras más bajas de ambas terrazas. En suelos calcáreos como el de Ull de Canals, la fracción arcillosa y la materia orgánica del suelo son capaces de retener Zn en regímenes de pH alcalino (Kabata-Pendias, 2010).

#### **4.4.2. Horizontes de suelo asociados estratigráficamente con las terrazas**

Los horizontes 2Apb muestran similitudes en las Terrazas 1 y 2 (figs. 4.7 y 4.8). Los excrementos organominerales coalescentes de fauna del suelo son comunes en ambas terrazas, así como los pedorelictos compuestos por agregados de suelo que muestran canales con revestimientos de calcita fibrosa en agujas. Las costras sedimentarias también son comunes en ambas terrazas, tanto reelaboradas como in situ. En este último caso, algunas costras han sido alteradas post-deposicionalmente por la formación de huecos planares. Sin embargo, existen ligeras diferencias entre las terrazas. Mientras que la T-1 muestra una microestructura granular y una pedalidad bien desarrollada compuesta de migajas porosas, la T-2 presenta una microestructura compleja, combinando una estructura en bloques subangulares que, debido a la abundancia de rasgos de paso con excrementos órgano-minerales coalescentes, se vuelve granular con migas porosas. De nuevo, esta sutil diferencia se debe al material matriz sobre el que se asientan las terrazas. Otra diferencia es la presencia de granos minerales gruesos con recubrimientos arcillosos, que solo se encuentran en el horizonte 2Apb de la T-1, indicando coluvión. Finalmente, los revestimientos de

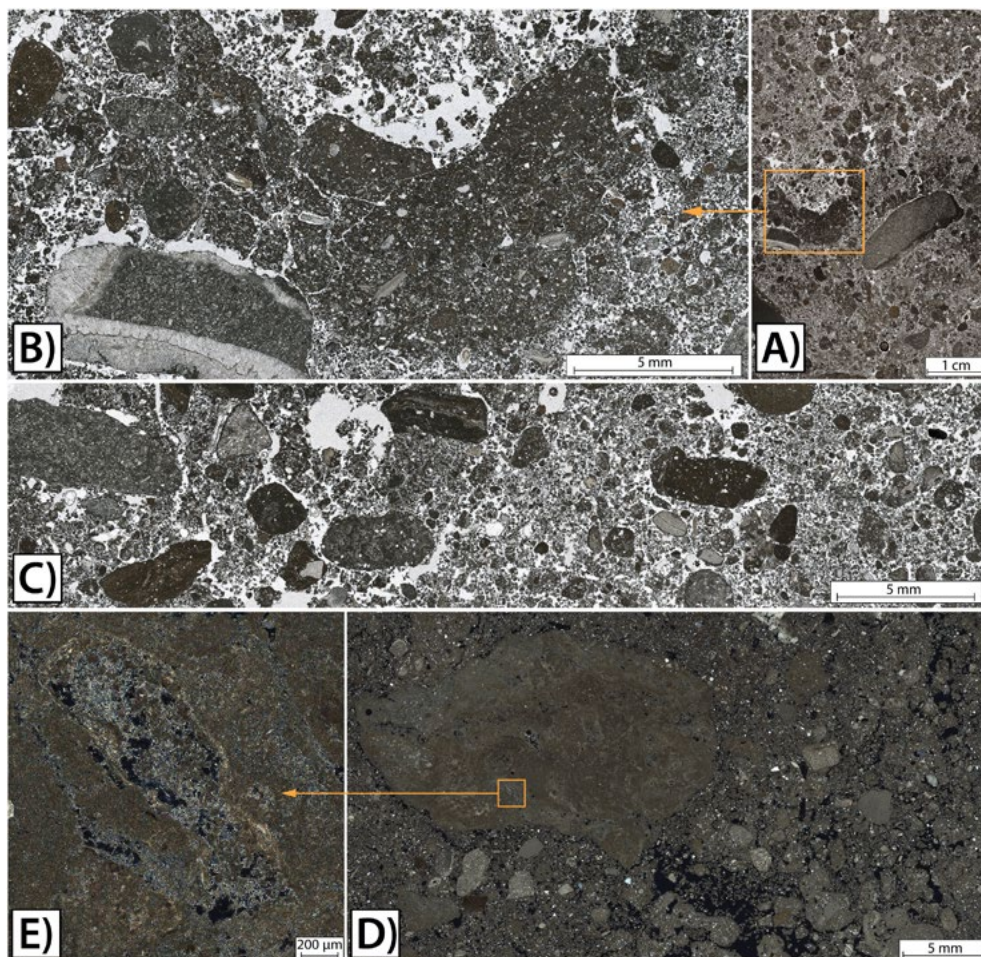


Figura 4.7. Características micromorfológicas del horizonte del suelo asociado estratigráficamente a la terraza 1. A) Barrido de sección delgada que muestra una microestructura granular y mala clasificación (PPL); B) corteza sedimentaria reelaborada (PPL); C) arena gruesa subredondeada a gravas de tamaño mediano que muestran una distribución preferencial horizontal (PPL); D) y E) Agregado de suelo pedorelico redondeado que muestra canales con fibra de aguja de calcita (XPL)

arcilla sucia, si bien están presentes en ambas terrazas, son significativamente más abundantes en la T-2, desarrollados sobre un sustrato arcilloso rojo. Los recubrimientos de arcilla sucia son el resultado de la movilización por el agua de los componentes del suelo después de que la superficie del suelo está desnuda y se rompen los enlaces de los agregados. En este sentido, el impacto de las gotas de lluvia y el flujo superficial sobre suelos desnudos o con vegetación parcial dan como resultado la desintegración y la translocación de partículas de suelo en vacíos y superficies de agregados (Macphail *et al.*, 1990; Macphail, 1998; Quirós *et al.*, 2014; Deák *et al.*, 2017; Quirós y Nicosia, 2019). La asociación en Ull de Canals de revestimientos de arcilla sucia con otros proxies (microestructura desagregada, rasgos de coluvión



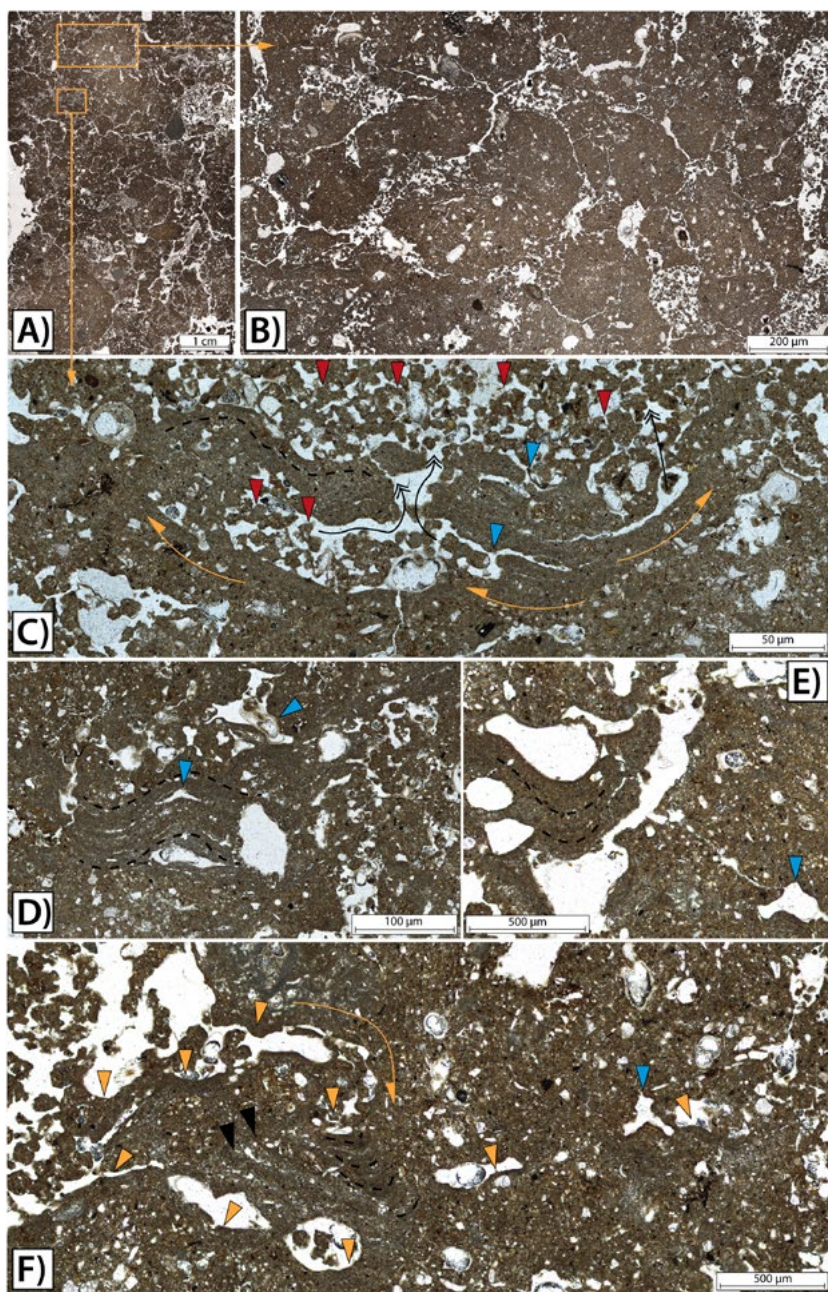


Figura 4.8. Características micromorfológicas del horizonte del suelo asociado estratigráficamente a la terraza 2. A) Barrido de sección delgada que muestra una microestructura compleja que combina un bloque subangular con una microestructura granular, como se detalla en B); C) Elementos de deformación, como estructuras tipo *boudinage* y estiradas (flechas naranjas y línea discontinua), hidrofracturas (flechas negras) y vacíos ondulados (triángulos azules). Los triángulos rojos muestran excrementos de mesofauna postdeposicional; D-F) Revestimientos de arcilla polvorienta (triángulos naranjas), costras sedimentarias (triángulos negros) y características de deformación, tales como estructuras estiradas y tipo *boudinage* (flechas naranjas y línea discontinua), vacíos ondulados (triángulos azules) y características de deformación en capas

y bioturbación, indicadores físico-químicos y evidencias paleobotánicas) nos permite utilizarlo como evidencia micromorfológica diagnóstica de cultivos antiguos asociados a las terrazas.

El alto contenido de agua en estos suelos de textura limosa, junto con el efecto de la presión, también resultó en una amplia diversidad de características de deformación dúctil (Karkanias, 2019). En esta línea, la reorganización y alineación del material fino del suelo debido a esfuerzos produjo estructuras tipo *boudinage* y estiradas en zonas de cizalla dúctil (fig. 4.8, C). Además, los poros ondulados son muy comunes. Estos se formaron debido al corte en condiciones húmedas y la formación de fracturas debido al escape de agua, lo que resultó en una morfología característica de tres aspas en forma de abanico (fig. 4.8, C-F). La sedimentación gravitacional de material limoso y arcilloso también es común, debido a la compresión del suelo a lo largo de planos de debilidad (fig. 4.8, D-F). Finalmente, las hidrofracturas compuestas por poros curvilíneos verticales que a menudo conectan vesículas evidencian el movimiento ascendente del exceso de agua, lo que conduce a la ruptura del sedimento (fig. 4.8, C). El pisoteo de sedimentos saturados de agua puede producir estos rasgos de deformación dúctil (Rentzel *et al.*, 2017; Karkanias, 2019), que en el caso de Ull de Canals quizás puedan estar asociados a los aperos de cultivo y las estrategias de gestión del suelo empleadas en la Antigüedad.

Los análisis físico-químicos de los horizontes 2Apb muestran una disminución del pH en T-1 y del  $\text{CaCO}_3$  en ambas terrazas. Además, hay un aumento de la conductividad eléctrica en T-1 y una mejora significativa del carbono orgánico, el nitrógeno total y el fósforo biodisponible. Estos resultados indican una movilización de carbonatos hacia horizontes más bajos y un mayor contenido de materia orgánica descompuesta in situ. Además, el tamaño de grano muestra texturas franco arcillosas y limosas en T-1 y 2 respectivamente, con un aumento sustancial de material fino con respecto a los horizontes inferiores 2Bw. En términos de distribución elemental, los horizontes 2Apb muestran un empobrecimiento de Ca debido a la disolución de carbonato y un enriquecimiento en Al, Si y Ba debido al aumento de la proporción de arcilla. En este contexto, el Ba se puede asociar a material granulométrico más fino, ya que es un elemento rápidamente absorbido por la arcilla (Kabata-Pendias, 2010), aunque otra posible fuente es la base geológica calcárea.

Además, en muestras directamente debajo de las terrazas (Muestra 4 en T-1) o asociadas estratigráficamente a ellas (Muestra 3 de T-2), hay un aumento moderado en la concentración de Zn. Por un lado, las concentraciones de Zn son más altas en horizontes de suelo con texturas más finas y las fracciones de arcilla son capaces de retener Zn con bastante firmeza, especialmente en regímenes de pH alcalinos, como en nuestro caso de estudio. Por otro lado, se sabe que las prácticas agrícolas y la metalurgia antigua aumentan los contenidos de Zn (Kabata-Pendias, 2010). En estas mismas muestras hay un enriquecimiento en las concentraciones de Pb. Estas concentraciones, aunque bajas para considerar la contaminación del suelo (Bintliff y

Degryse, 2022), contrastan con el trasfondo geoquímico en esta área y estas secuencias de suelo. Si bien se sugiere un origen antropogénico, la distribución de Pb en suelos minerales muestra una correlación positiva con fracción granulométrica fina (Kabata-Pendias, 2010).

#### 4.4.3. Horizontes de suelo sellando las terrazas

Los horizontes Bw y Ap son bastante similares en ambas terrazas. En la T-1, el horizonte Bw muestra una clasificación moderada, una distribución relacionada gruesa/fina porfirica de un solo espacio y una microestructura masiva. La porosidad es muy baja, mostrando pocos canales. Las gravas de tamaño fino a mediano con revestimientos de arcilla y que muestran una distribución preferida paralela horizontal son comunes, lo que sugiere coluvión. En esta misma línea, son comunes los pedorelictos de agregados de suelo margosos redondeados con canales y recubrimientos de calcita fibrosa acicular (fig. 4.9, A). En contraste, en T-2 este mismo horizonte de suelo muestra una microestructura granular con abundantes macrocanales que

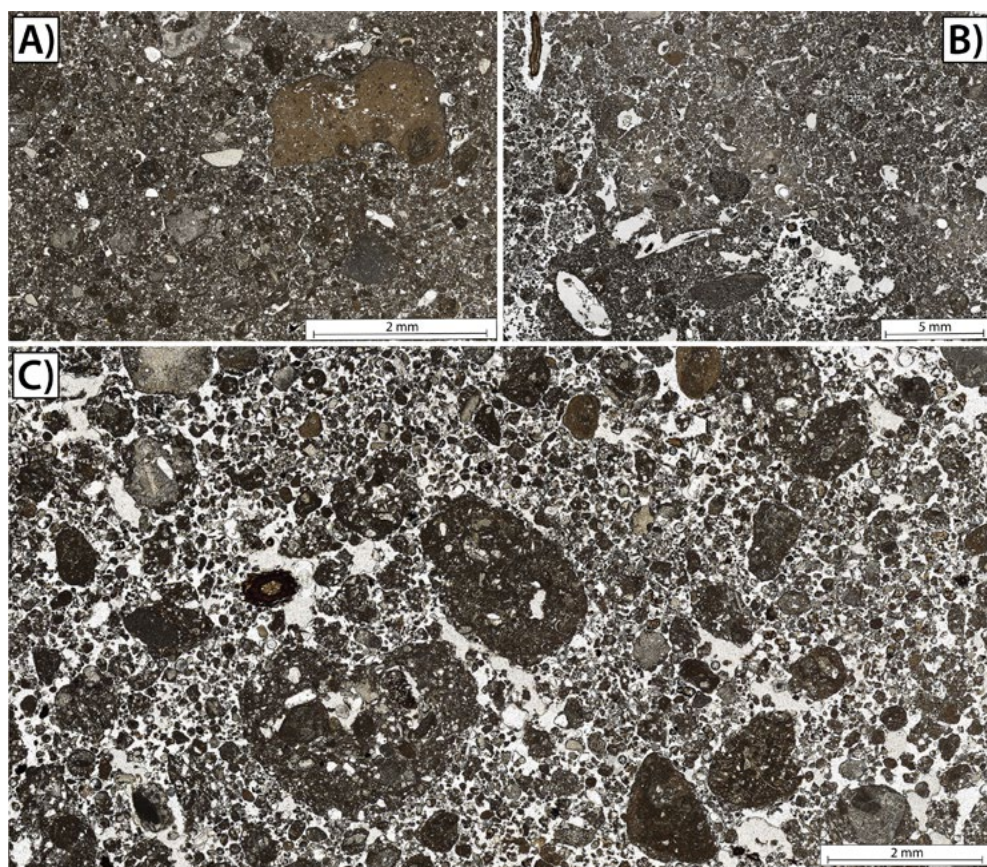


Figura 4.9. Características micromorfológicas de los suelos que sellan las terrazas. A) horizonte Bw de la terraza 1, B) horizonte Bw de la terraza 2; C) horizonte Ap de la terraza 1

contienen raíces y tejidos orgánicos frescos, así como excrementos de mesofauna comunes (fig. 4.9, B). Estas muestras muestran restos de gasterópodos y los agregados de suelo margoso antes mencionados. Consideradas en conjunto, estas características apuntan a una perturbación postdeposicional del horizonte Bw en T-2 debido al crecimiento de plantas y colonización por parte de la fauna del suelo.

Finalmente, el horizonte Ap es similar en ambas terrazas. Estos horizontes son depósitos mal clasificados con una microestructura granular y una pedalidad bien desarrollada compuesta de migajas porosas (fig. 4.9, C). También muestran gravas depositadas horizontalmente con revestimientos de arcilla. La principal diferencia con el resto de los horizontes del suelo es la abundancia de canales y tejidos orgánicos frescos. También están presentes revestimientos de arcilla sucia, aunque menos abundantes que en los horizontes Apb.

Los análisis físico-químicos (fig. 4.10; Tabla 4.2) de los horizontes Bw y Ap muestran una mejora de la conductividad eléctrica. Los análisis de Ctot, Ntot, Corg y Pav muestran una tendencia similar, marcada por una disminución en los horizontes Bw y un enriquecimiento en el horizonte superficial debido al incremento de biomasa en el horizonte Ap. Esto se correlaciona con una disminución en los valores de CaCO<sub>3</sub> y pH en las capas superficiales del suelo. En cuanto a la textura del suelo, estos horizontes presentan una granulometría más fina, dando lugar a texturas limosa y franco-arcillosa en T-1 y T-2 respectivamente. En cuanto al análisis elemental, estos horizontes muestran un incremento en Fe, Al, Si y Ba debido a la predominancia de granulometría más fina. También hay un aumento de Zn y Pb, que en los horizontes superiores se explica por la fijación con la materia orgánica del suelo.

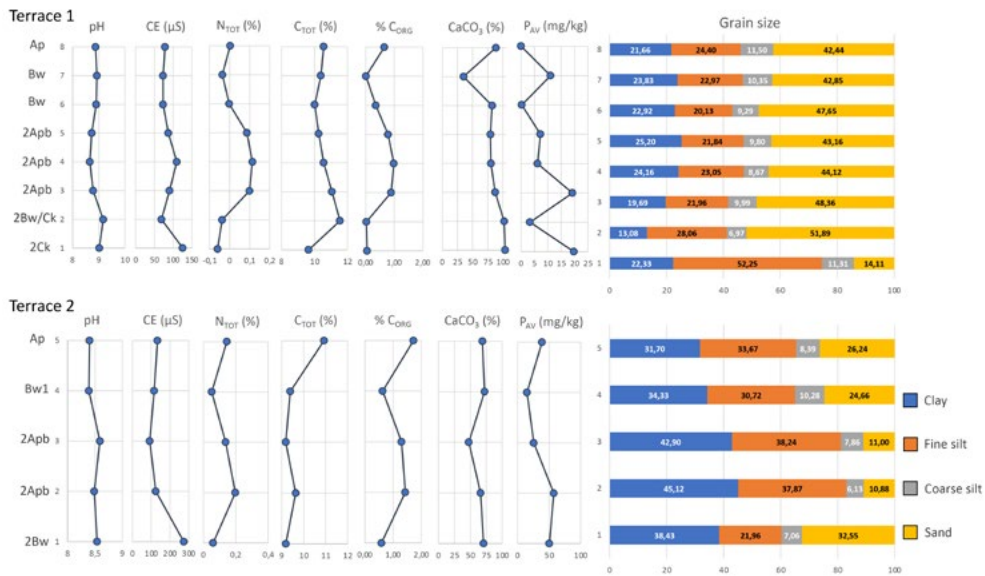


Figura 4.10. Análisis físico-químico de los horizontes Bw y Ap

Sample N.	Horizon	N. phytoliths 1 g of sediment	Weathered phytoliths (%)	Multicelled phytoliths (%)	N. sponge spicules
D1	2Bw	25.000	14.3	14.3	1
D2	2Apb	153.000	12.2	4.9	12
D3	2Apb	97.000	16.7	0	3
D4	Bw1	70.000	16.7	5.6	3
D5	Ap	50.000	6.7	0	1
D6	Ap	180.000	14.3	6.1	2

Tabla 4.2. Principales resultados cuantitativos de fitolitos y microfósiles síliceos obtenidos en la Terraza 2

#### 4.5. ANÁLISIS DE FITOLITOS

Se observaron fitolitos en todas las muestras a lo largo de la secuencia en diferentes cantidades (desde ca. 25.000 a 180.000 fitolitos por gramo de sedimento, Tabla 4.3). Los sedimentos más ricos con diferencia fueron las muestras de depósitos de terrazas romanas (Horizonte 2Apb, muestra D2) y capas superiores modernas de T-2 (Horizonte Ap, muestra D6) (ca. 150.000-180.000 fitolitos/ 1 g de sedimento, respectivamente, Tabla 4.3). Además, también se observaron fitolitos multicelulares (conectados anatómicamente, fig. 4.11, a) en la mayoría de las muestras (hasta el 14% del total de los fitolitos contados), pero completamente ausentes en las muestras D3 y D5 (Horizontes 2Apb y Ap, Tabla 4.3). La presencia de formas multicelulares, además de la proporción relativamente baja de morfologías meteorizadas en la mayoría de los conjuntos (ca. 6-16%), son indicativos del buen estado general de conservación de los registros de fitolitos, a pesar de que está bien establecido que su solubilidad aumenta significativamente en condiciones alcalinas, como en nuestro estudio de caso (por ejemplo, Cabanes *et al.* 2011, con referencias).

La mayoría de los conjuntos de fitolitos derivan de plantas monocotiledóneas, particularmente de herbáceas según el diagnóstico dominante de células cortas de sílice de pasto de la subfamilia Pooideae, que están ampliamente distribuidas en ambientes bien regados (fig. 4.11, a-b). Los morfotipos característicos de las hojas y tallos de las gramíneas, incluidos bulbosos agudos (tricomas y pelos) y bulliformes (flabelados), además de células cortas (principalmente rondels y polilobados), fueron comunes en los registros de fitolitos (fig. 4.11, b-c). Los morfotipos de diagnóstico de las inflorescencias de las gramíneas, como las dendríticas alargadas unicelulares o multicelulares, ocurren en cantidades mayores en ciertas muestras, en lugar de ser ubicuos en todos los conjuntos. Este es particularmente el caso de los registros comparativamente ricos en fitolitos mencionados anteriormente de las capas modernas superiores, aunque estos también ocurren dentro de los depósitos de terrazas romanas en menor extensión (muestras D6 y D2, respectivamente). Los conjuntos de fitolitos estaban dominados por herbáceas *Pooideae*, que incluyen cereales importantes como el trigo (*Triticum* sp.) y la cebada (*Hordeum* sp.), que

4. Las terrazas romanas de Ull de Canals (Banyeres de Mariola, Alacant). Aproximación espacial, geoarqueológica y bioarqueológica a las estrategias agrarias

Mue.	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Fe	Zr
A1	1,29	55,0	0,08	0,04	0,03	36,7	0,11	0,89	0,01
A2	2,28	63,2	0,16	0,07	0,07	40,6	0,13	0,97	0,01
A3	1,81	55,5	0,14	0,05	0,03	38,0	0,11	0,88	0,01
A4	1,72	52,8	0,12	0,07	0,02	36,4	0,09	0,86	0,01
A5	1,37	40,7	0,13	0,07	0,00	35,2	0,08	0,70	0,01
A6	1,9	47,8	0,17	0,07	0,00	39,0	0,10	0,75	0,01
A7	1,35	35,0	0,13	0,06	0,00	31,5	0,07	0,64	0,01
B1	1,65	57,2	0,13	0,06	0,05	38,0	0,11	0,91	0,01
B2	1,92	53,7	0,14	0,07	0,03	39,7	0,09	0,88	0,01
B3	2,4	61,2	0,17	0,09	0,05	41,4	0,12	0,85	0,01
B4	1,58	54,2	0,13	0,08	0,01	41,6	0,10	0,82	0,01
B5	1,76	44,4	0,17	0,07	0,00	38,0	0,09	0,72	0,01
B6	1,65	41,0	0,13	0,08	0,00	35,4	0,06	0,69	0,01
B7	0,91	36,2	0,09	0,03	0,00	31,4	0,06	0,65	0,01
C1	1,58	22,5	0,12	0,06	0,00	36,5	0,04	0,53	0,00
C2	0,76	36,3	0,08	0,03	0,00	30,0	0,09	0,71	0,01
GEO	1,01	43,1	0,06	0,03	0,04	21,7	0,12	1,33	0,01
D1	2,07	51,1	0,11	0,04	0,10	27,1	0,13	1,50	0,01
D2	1,5	52,4	0,06	0,00	0,09	26,6	0,13	1,45	0,01
D3	0,77	40,8	0,06	0,00	0,02	25,4	0,10	1,28	0,01
D4	1,2	43,9	0,05	0,00	0,02	24,1	0,10	1,20	0,01
D5	1,39	44,6	0,10	0,03	0,02	23,2	0,10	1,05	0,01
D6	0,94	43,9	0,09	0,05	0,03	24,1	0,10	1,12	0,01
D7	1,66	52,3	0,08	0,03	0,08	23,0	0,13	1,44	0,01
E1	1,57	52,1	0,08	0,00	0,08	25,0	0,12	1,43	0,01
E2	1,39	47,8	0,08	0,03	0,07	25,1	0,12	1,42	0,01
E3	1,14	44,7	0,07	0,00	0,03	24,6	0,10	1,19	0,01
E4	1,06	40,2	0,09	0,04	0,00	21,3	0,08	0,99	0,01
E5	0,75	40,5	0,00	0,00	0,00	20,8	0,08	1,00	0,01
E6	1,38	38,3	0,08	0,03	0,01	21,3	0,08	1,02	0,01
E7	1,27	45,4	0,07	0,02	0,04	23,8	0,11	1,24	0,01
F1	1,71	47,1	0,09	0,04	0,07	22,9	0,12	1,46	0,01
F2	1,29	55,0	0,08	0,04	0,03	36,7	0,11	0,89	0,01

Tabla 4.3. Concentración de elementos químicos mayoritarios en % (m/m)

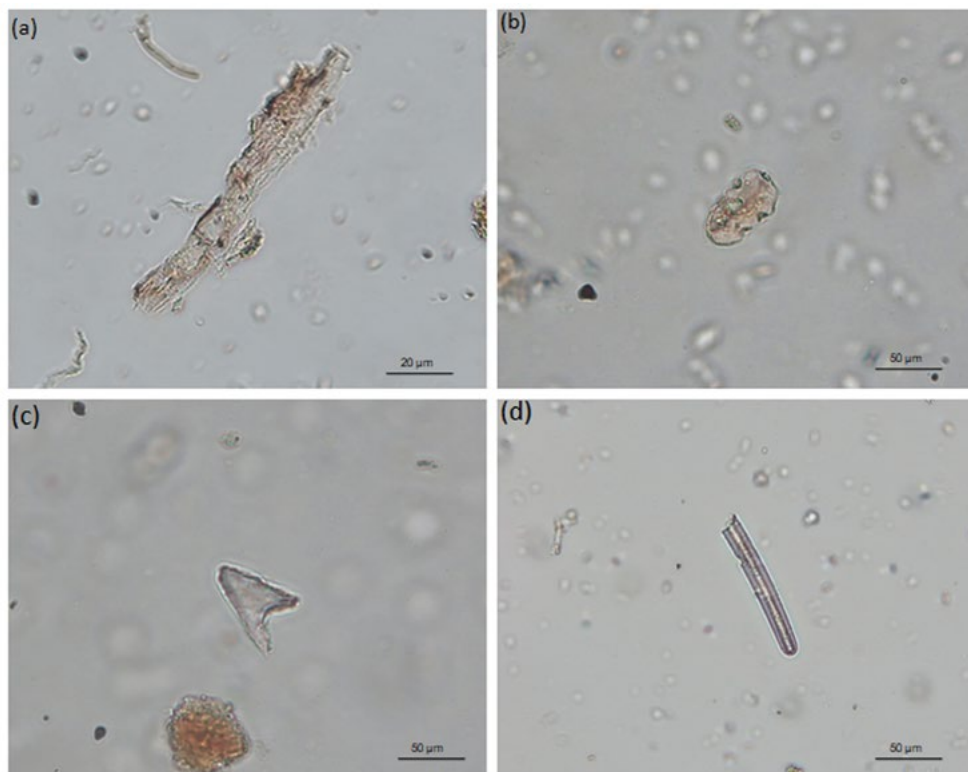


Figura 4.11. Fotomicrografías de fitolitos y otros microfósiles identificados en muestras de la Terraza 2 a 400× o 200×. (a) fitolitos enteros alargados multicelulares (articulados) con rondels de células cortas de las hojas/tallos de las gramíneas Pooideae, (b) polilobulado de células cortas de sílice de gramíneas de las gramíneas Pooideae, (c) apéndice epidérmico bulboso agudo (tricoma) de las hojas de las gramíneas, (d) espícula de esponja (no fitolito)

son consistentes con los registros de polen de *Cerealia* informados a continuación, lo que apunta a prácticas agrícolas antiguas.

También es importante la presencia en todas las muestras de dicotiledóneas leñosas/herbáceas, que son pequeñas productoras de fitolitos, aunque en concentraciones variables (fig. 4.12). Además de los fitolitos dicotiledóneos, como los morfotipos en bloque, los paralelepípedos y los esferoides, en los depósitos de terrazas romanas se observaron otros microfósiles de plantas, incluidos pseudomorfo de cenizas de madera derivados de oxalatos de calcio (principalmente provenientes de la madera) (muestras D2 y D3, horizonte 2Apb, n=7). La mayoría de estos microfósiles calcíticos se asemejan morfológicamente a los producidos por la encina (*Quercus* sp.) (Portillo *et al.*, 2020b), que a su vez son consistentes con los ensamblajes palinológicos informados a continuación (por ejemplo, ver fig. 8a en Portillo *et al.*, 2017; fig. 5a-b en Portillo *et al.*, 2020b). Muchos sitios arqueológicos contienen cenizas de madera calcítica de diferentes orígenes vegetales, que están ampliamente

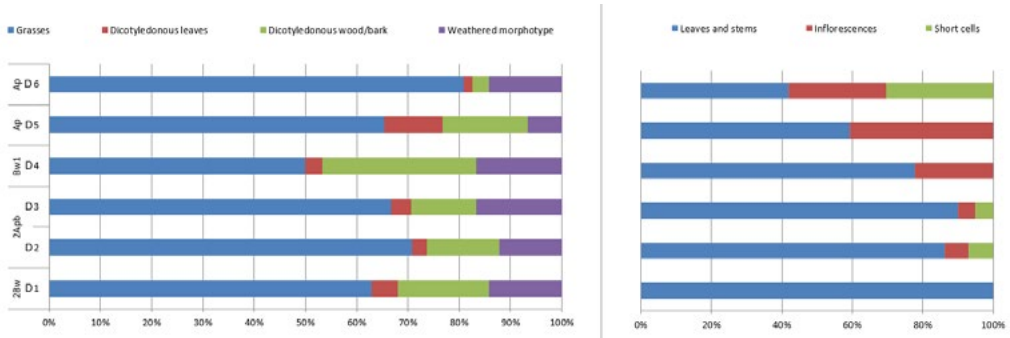


Figura 4.12. Izquierda: Abundancias relativas de fitolitos obtenidos de muestras de la Terraza 2. Derecha: origen anatómico de los fitolitos de las gramíneas

asociadas a restos de combustible dentro de contextos de combustión e instalaciones de combustión, incluidos hogares y hornos, que son comunes en todo el Mediterráneo (p. ej., Gur-Arieh *et al.*, 2014; Portillo *et al.*, 2017, 2020a; Belarte *et al.*, 2023). La presencia de cenizas calcíticas junto con fragmentos de cerámica común romana, apunta al uso de desechos domésticos como fertilizante y, por lo tanto, al uso de *Quercus taxa* en lugar de pino (*Pinus halepensis*) como combustible.

Además, también se observaron otros tipos de componentes de ópalo biogénico, como espículas de esponja, en los portaobjetos de fitolitos, lo que apunta nuevamente a condiciones de conservación relativamente buenas de los registros de sílice, así como a un ambiente local húmedo como se observa a través de la micromorfología (fig. 4.11, d). Las espículas son las estructuras de soporte inorgánicas de las esponjas y, aunque comúnmente se las considera marinas, también se encuentran en hábitats de agua dulce y pueden servir potencialmente como indicadores de las condiciones ambientales generales, evidencia de inundaciones y cambios hidrológicos (Wilding y Drees, 1971; Schwandes y Collins, 1994; Coil *et al.*, 2003). Curiosamente, los depósitos de terrazas romanas que muestran abundantes concentraciones de fitolitos de hierba se superponen con cantidades relativamente grandes de espículas de esponja (muestra D2, Horizonte 2Aph, n=12, Tabla 4.2). Esto proporciona además evidencia de cultivos antiguos asociados con la terraza en la Terraza 2 y las estrategias de manejo del suelo empleadas en la Antigüedad.

#### 4.6. ANÁLISIS PALINOLÓGICO

Dada la similitud entre los espectros polínicos resultantes del análisis palinológico de los dos sondeos, se ha decidido realizar una fasificación en cada uno de ellos con objeto de describir más someramente la dinámica seguida por la vegetación en el periodo cronológico considerado. Teniendo en cuenta los datos de procedencia de las muestras palinológicas, en la figura 4.13 se presentan los diagramas palinológicos correspondientes a las 12 muestras estudiadas, 6 por sondeo, con su correspondiente fase cronológica, permitiendo una secuencia paleoambiental en un sentido diacrónico.



La fase 1 está representada por las muestras 1 a 3 del perfil 1 (UE 101) y las correspondientes 1 a 3 del perfil 2 (UE 201), en ambos casos relacionadas con suelos de cultivo asociados a las terrazas antiguas. En esta fase el porcentaje de polen arbóreo es relativamente elevado, por encima del 50%. El elemento arbóreo predominante es el pino carrasco (*Pinus halepensis*, > 20%), probablemente favorecido por la recurrencia de incendios a lo largo del tiempo (Serra *et al.*, 2012), estando estos pinares enriquecidos por un rico y denso matorral arbustivo de brezos (*Erica sp.*), aliagas (*Genisteae*), jaras pringosas (*Cistus ladanifer*) y varias labiadas aromáticas (*Labiatae*). La vegetación potencial climácica del territorio, el encinar o carrascal de *Quercus ilex*, representa casi un 10% en esta fase 1, y de igual manera aparecería representada por una cohorte arbustiva rica y diversa compuesta fundamentalmente de torviscos (*Daphne gnidium*) y enebros (*Juniperus oxycedrus*), e incluso sabinas moras (*J. phoenicea*) o lentiscos (*Pistacia lentiscus*) en zonas de menor desarrollo edáfico y ambientes más termófilos, sin descartar que algunos morfotipos polínicos pudieran corresponder a la coscoja (*Quercus coccifera*) que comparte afinidad morfológica con la encina. En zonas de umbría o en ambientes de ribera, las especies más abundantes serían quejigos (*Quercus faginea*), fresnos (*Fraxinus ornus*) y arces (*Acer campestre* y *A. opalus*), acompañados de madre selvas (*Lonicera sp.*) y ruscos (*Ruscus aculeatus*), así como de herbáceas hidrófilas o juncuales (*Cyperaceae*) en esos ambientes más húmedos. La preponderancia, en esta fase 1, de morfotipos polínicos procedentes de herbáceas antrópico-nitrófilas (*Aster*, *Cardueae*, *Cichorioideae*) sería significativa de un elevado impacto humano en el entorno inmediato de las terrazas antiguas; mientras que la abundancia de gramíneas (*Poaceae*, 15-20%) indicaría la existencia de zonas abiertas y despejadas.

En las muestras 2 y 3 del perfil 1 se documenta polen de cereal, en porcentajes relativamente bajos (1-2%), lo que probablemente indicaría su cultivo en las propias terrazas o no lejos de ellas (López Sáez y López Merino, 2005). De igual manera, en las muestras 2 del perfil 1 también se ha identificado polen de *Vitis* (1-2%). La vid (*Vitis vinifera*) es una especie citada en la flora actual de la Sierra de Mariola (Serra *et al.*, 2012), en el seno de la cual se pueden distinguir dos subespecies: (i) la vid silvestre (*Vitis vinifera subsp. sylvestris*), que crece de forma esporádica en una amplia zona, desde el sur del mar Caspio hasta la costa atlántica del suroeste de Europa, y que tiene preferencia por las zonas boscosas abiertas y las condiciones húmedas y frescas, como los bosques ribereños (Arnold *et al.*, 1998, 2005); (ii) la vid cultivada-domesticada (*Vitis vinifera L. subsp. vinifera*). La vid en la flora actual de la Sierra de Mariola es una especie asilvestrada que se explica por la transformación de las especies domésticas antiguamente cultivadas en los espacios agrarios de las masías de la zona, pues esta especie no es autóctona del lugar. Por ello la existencia en estos niveles es más probable que sea de especies cultivadas, como se constata en el registro carpológico contemporáneo, del s. I a.C., del cercano Cabeço de Mariola (Pérez Jordà *et al.*, 2022: 220-222).

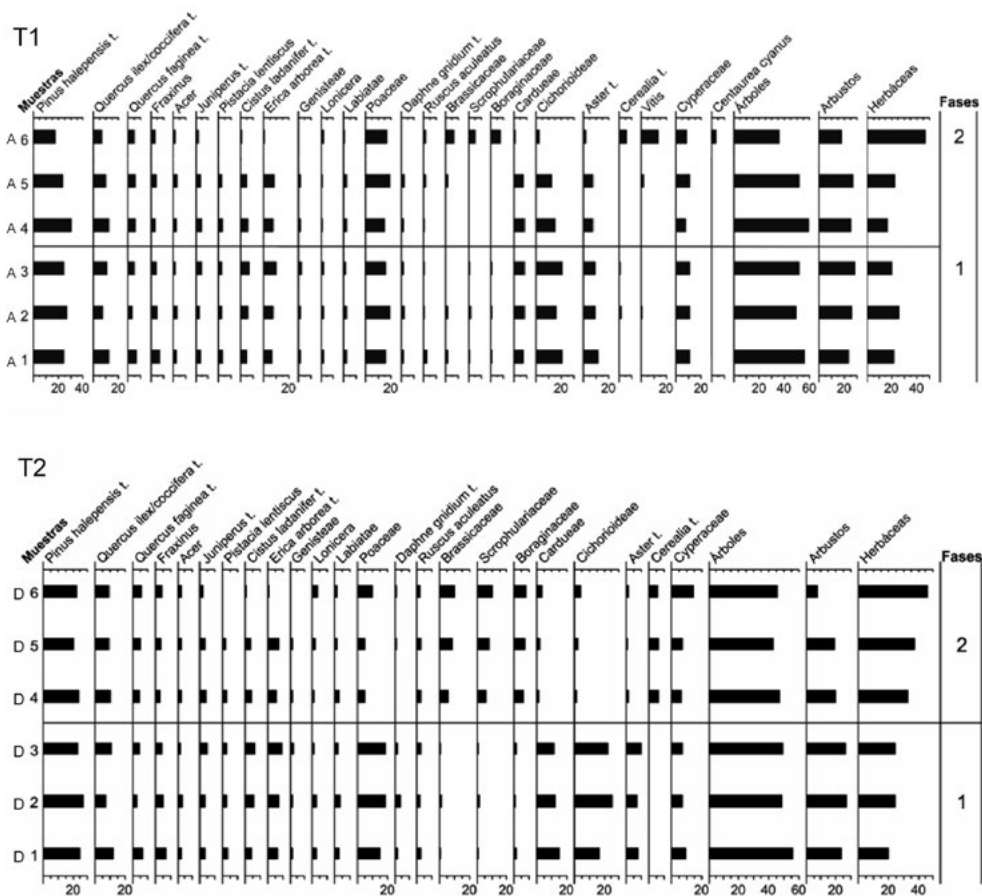


Figura 4.13. Histograma palinológico de Terraza-1 (arriba) y Terraza-2 (abajo)

La fase 2 está representada por las muestras 4 a 6 del perfil 1 y las correspondientes 4 a 6 del perfil 2 (horizontes Bw), en ambos casos relacionadas con el suelo de cultivo medieval y moderno. Durante esta fase 2 la cobertura de pino se reduce ligeramente en ambos perfiles (<20%), mientras que el resto de elementos arbóreos y arbustivos permanecen con valores relativamente constantes y parecidos a los de la fase 1, salvo en la muestra 6 del perfil 1 y la muestra 6 del perfil 2, cuando disminuyen notablemente los porcentajes de enebros/sabinas, jaras, brezos y labiadas, e incluso desaparecen totalmente aliagas y lentisco. Estos hechos, indudablemente, han de ser puestos en correlación con un impacto humano mucho mayor en esta fase 2, que afectaría fundamentalmente a la cobertura de pinar y la arbustiva, redundando en una mayor presencia de malas hierbas asociadas generalmente a cultivos (*Boraginaceae*, *Brassicaceae*, *Scrophulariaceae*).

## 4.7. ANÁLISIS GEOQUÍMICO

El gráfico de valores PCA de la Terraza 1 (fig. 4.14, B lado izquierdo) presenta las muestras romanas A1-3 y B1-3 agrupadas en una dirección negativa PC1 mientras que los valores de las muestras medievales-modernas A4-5, B4-5 (excepto B6 plasmada en el lado derecho del modelo) están separados y dispersos casi todos en una dirección negativa PC2 y PC1. El gráfico de cargas (fig. 4.14, A, lado derecho) muestra que los marcadores antropogénicos (K, Ca, Fe, Ba, Mn, Sr) junto con el total de Tierras raras (REE) y las ratios (Ce/Ce\*, La/Sm, La/Yb y Sm/Yb) son las variables más importantes en la dirección positiva de PC1. La tierra superficial A7-B7 y las muestras naturales C01-C02 están dispersas a la derecha de la parcela en una dirección positiva PC1.

El gráfico de valores PCA de la Terraza 2 (fig. 4.14, lado izquierdo B) expresa que las muestras romanas E1-3, D1-3 están dispersas en dirección negativa PC1 y PC2, mientras que los valores de las muestras medievales-modernas E4-6, D4-6 se agrupan en dirección positiva PC2 y PC1 cerca de las muestras superiores E7 y D7. Las cargas (fig. 4.14, B lado derecho) muestran que los marcadores antropogénicos como Ba, K, Fe y también Ca y P son las variables más importantes en la dirección negativa de PC2 con Cu, Pb y Sr en la dirección positiva de PC2. Las muestras naturales F1 y F2 se encuentran dispersas en la parte izquierda del gráfico en dirección

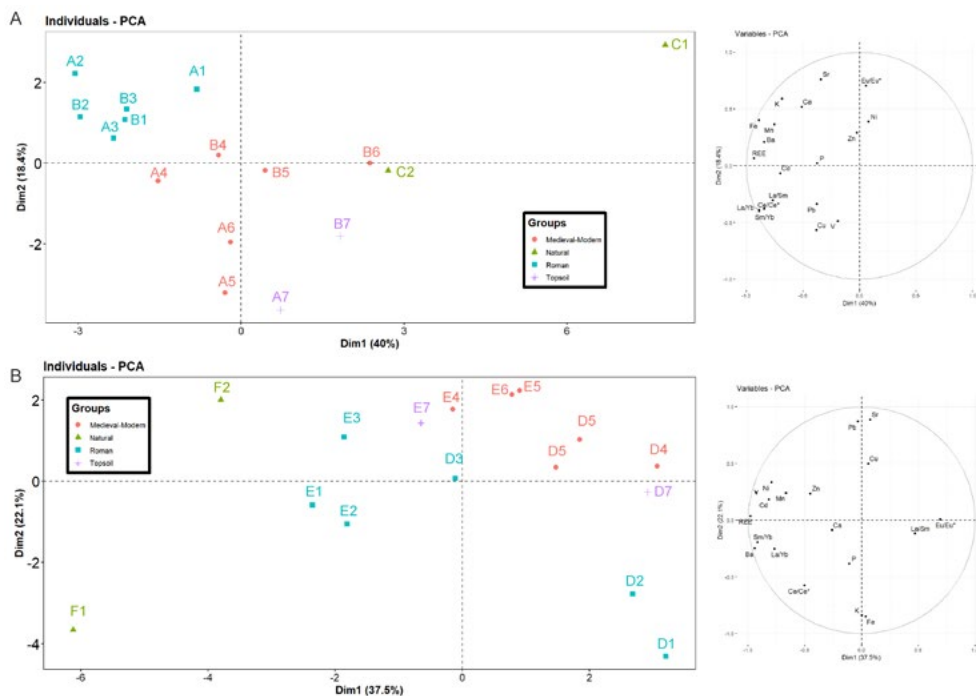


Figura 4.14. A: Análisis geoquímico PCA Prueba T- 1; B: Análisis geoquímico PCA T- 2

negativa PC1. Las ratios de Tierras Raras (REE) junto con Ba, Cd, Mn, Ni, V son las variables más importantes en la dirección negativa de PC1.

Las ratios de Tierras Raras (REE) confirman claras diferencias químicas entre sedimentos naturales y arqueológicos en las dos secuencias estratigráficas estudiadas (fig. 4.14). Ambas secciones se caracterizan por el enriquecimiento de LREE y MREE sobre el HREE con valores  $>1$  y pH alcalino en el ambiente estudiado, donde probablemente se encuentran sedimentos carbonatados. Observamos una correlación de las ratios de REE con proxies de carbonato como Ca/Sr y/o minerales de fosfato que forman complejos con REE, especialmente con LREE en comparación con HREE (Gallelo *et al.*, 2019).

Los marcadores más importantes relacionados con las actividades humanas (Mn, Sr, Fe, K, Ba, Ca, P y Cu) (Gallelo *et al.*, 2019, 2021; Kulkova, 2022) muestran diferentes concentraciones entre el perfil superior (medieval-moderno y tierra superficial) y partes bajas (romanas) (Cuadros 4, 5 y 6). Según la literatura (Gallelo *et al.*, 2019; 2021; Kulkova, 2022), Ca, P y Sr pueden estar asociados a la presencia de restos óseos, Ba y Mn pueden estar relacionados con humus, Fe con raíces de plantas, K con la presencia de ceniza y carbón, y Cu también para ceniza, incendios y desechos. En general, una posible hipótesis podría ser que en la parte superior el estiércol fuera relativamente pobre en comparación con la parte media inferior de las secciones.

#### 4.8. ESTRATEGIAS AGRARIAS ROMANAS EN ULL DE CANALS

Las evidencias presentadas en este trabajo, desde un enfoque multi-proxy y la perspectiva de comparación de dos momentos históricos diferentes, nos permite aproximarnos a las trazas de los usos agrarios. Los rasgos micromorfológicos, geoquímicos y bioarqueológicos permiten diferenciar las dos fases de uso agrario que muestra la secuencia arqueológica. A continuación, nos centraremos en el análisis detallado de los rasgos de la primera ocupación agraria del espacio, correspondiente a la época romana y que permiten caracterizar un modelo de explotación específico y proponer el marco de funcionamiento socioeconómico.

El primer aspecto que queremos destacar es que parecen confirmarse las prácticas agrarias basadas en estrategias intensivas que implican la construcción y mantenimiento de terrazas, mediante trabajos continuos y el uso del abonado. A juzgar por las prácticas detectadas, es plausible pensar que los grupos domésticos campesinos serían los encargados de movilizar el trabajo para la construcción y el mantenimiento de estos campos de cultivo. Es precisamente la gestión del trabajo una de las claves para definir este tipo de estrategia agraria frente a otras más generalizadas y basadas en los sistemas de villas basados en la labranza de extensos campos de secano, propuestas para la agricultura romana de la zona (Ariño y Chávez, 2019). En la construcción de este paisaje romano intensivo podemos distinguir las distintas fases:

#### **4.8.1. Construcción del parcelario aterrazado**

El uso del suelo se inició con la modificación del terreno natural mediante las terrazas que nivelaron la ladera y el acondicionamiento de sus rellenos mediante aportes antrópicos como delatan las cerámicas antiguas que forman parte del relleno. El primer paso en la construcción del parcelario consistió en la erección del muro de contención de la terraza mediante bloques de piedra caliza local de tamaño muy variable, en los que se intercalan grandes bloques de más de 110 cm junto con piedras de reducido tamaño, con unos 30 cm. Este modo de construcción es completamente diferente de los bancales de cronología medieval y moderna de la zona, que se construyen con bloques mucho más regulares y de tamaño reducido, 20-30 cm. A continuación, se incrementó el espesor de los suelos mediante aportes de desechos domésticos en los que se entremezclan aportes orgánicos, a los que aludiremos posteriormente, y vestigios cerámicos. En relación a estos últimos, el tamaño considerable de los fragmentos –más de 3 cm en la mayoría de los casos- y el aspecto anguloso y vivo de las fracturas indica que una vez sepultadas las piezas cerámicas no sufrieron erosión mecánica debida a desplazamientos superficiales.

La composición geoquímica de los horizontes del suelo debajo de las terrazas (2Ck, 2Bw) es muy diferente del resto de la secuencia (figs. 4.3 y 4.4), con las relaciones REE confirmando la diferente composición del terreno (Tabla 4.4). El análisis micromorfológico apunta a un suelo desnudo en pendiente suave con costras sedimentarias formadas por salpicaduras de lluvia, y la ocurrencia de procesos de bioturbación y taludes. Una de las finalidades de la construcción de terrazas pudo ser el cultivo de especies de raíces profundas, como la vid detectada en los registros palinológicos. Sin embargo, la evidencia paleobotánica indica que los cultivos más frecuentes fueron los cereales, cuyas raíces no requieren capas profundas, aunque el mayor espesor del suelo habría mejorado los rendimientos.

La nivelación del talud en parcelas horizontales también habría facilitado la retención de agua y el riego, cuyos rastros se han detectado en la composición geoquímica. En este sentido, el enriquecimiento de LREE y MREE sobre HREE y pH alcalino, probablemente a partir de carbonatos, también habría sido el resultado de procesos prolongados de irrigación y evapotranspiración. Cabe destacar datos micromorfológicos que apuntan a un ambiente local húmedo como lo demuestra la presencia de calcita fibrosa acicular en los horizontes 2Ck y 2Bw, que se produce por biomineralización fúngica en ambientes vadosos. Asimismo, las REE reflejan la huella humana en las terrazas arqueológicas estudiadas.

#### **4.8.2. Labranza y mantenimiento de los campos romanos aterrazados**

Las parcelas abancaladas estuvieron sujetas a un laboreo constante para mantener la fertilidad de los campos a través de la labranza, el riego y el abonado. La evidencia micromorfológica y los resultados físico-químicos indican la presencia de

Sample	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	TREE
A1	5,19	8,33	1,14	4,57	0,92	0,2	1,02	0,12	0,75	0,12	0,34	0,04	0,27	0,04	23,1
A2	5,55	9,08	1,21	4,85	0,98	0,22	1,09	0,13	0,8	0,13	0,36	0,04	0,29	0,04	24,8
A3	5,73	9,47	1,24	4,95	0,99	0,22	1,11	0,13	0,8	0,12	0,35	0,04	0,28	0,04	25,5
A4	5,31	8,76	1,15	4,58	0,92	0,2	1,01	0,12	0,74	0,11	0,33	0,04	0,26	0,03	23,6
A5	5	8,26	1,07	4,33	0,86	0,19	0,98	0,12	0,69	0,11	0,32	0,04	0,25	0,03	22,3
A6	4,93	7,99	1,06	4,24	0,87	0,19	0,96	0,12	0,7	0,11	0,32	0,04	0,25	0,03	21,8
A7	4,85	7,97	1,05	4,13	0,83	0,18	0,91	0,11	0,66	0,1	0,3	0,04	0,23	0,03	21,4
B1	5,74	9,47	1,24	4,91	1	0,22	1,1	0,13	0,8	0,13	0,37	0,04	0,29	0,04	25,5
B2	6,24	10,23	1,31	5,23	1,07	0,24	1,19	0,14	0,87	0,14	0,39	0,05	0,31	0,04	27,5
B3	5,7	9,33	1,23	4,89	1,01	0,22	1,1	0,13	0,8	0,13	0,37	0,04	0,29	0,04	25,3
B4	5,49	9,11	1,21	4,8	1	0,22	1,11	0,14	0,81	0,13	0,37	0,04	0,29	0,04	24,8
B5	5,01	8,24	1,11	4,37	0,9	0,2	1	0,12	0,75	0,12	0,34	0,04	0,27	0,03	22,5
B6	4,77	7,55	1,03	4,13	0,87	0,19	0,97	0,12	0,73	0,12	0,35	0,04	0,28	0,04	21,2
B7	5,16	8,36	1,14	4,58	0,95	0,21	1,04	0,13	0,78	0,12	0,35	0,04	0,28	0,04	23,2
C1	3,28	5,01	0,7	2,87	0,62	0,14	0,71	0,09	0,57	0,1	0,28	0,04	0,24	0,03	14,7
C2	5,01	8,08	1,09	4,36	0,92	0,2	1,02	0,13	0,77	0,12	0,35	0,04	0,29	0,04	22,4
GEO	7,36	13,5	1,68	6,74	1,43	0,31	1,55	0,19	1,16	0,19	0,52	0,07	0,43	0,06	35,2
D1	7,52	14	1,73	6,94	1,47	0,32	1,59	0,2	1,19	0,19	0,54	0,07	0,44	0,06	36,3
D2	9,18	17	2,06	8,2	1,72	0,38	1,87	0,22	1,37	0,22	0,61	0,07	0,5	0,06	43,4
D3	7,69	14,1	1,77	7,12	1,51	0,34	1,65	0,21	1,24	0,2	0,57	0,07	0,46	0,06	37
D4	8,31	15,1	1,9	7,6	1,61	0,35	1,73	0,21	1,29	0,21	0,58	0,07	0,47	0,06	39,5
D5	8,7	15,7	1,99	7,91	1,68	0,37	1,82	0,23	1,34	0,22	0,61	0,07	0,5	0,07	41,2
D6	8,25	15	1,89	7,59	1,62	0,35	1,74	0,22	1,31	0,21	0,6	0,07	0,5	0,07	39,4
D7	10,6	19,5	2,47	9,77	2,06	0,44	2,16	0,27	1,61	0,26	0,71	0,09	0,58	0,08	50,6
E1	9,94	18,7	2,31	9,13	1,93	0,41	2,03	0,25	1,49	0,24	0,67	0,08	0,55	0,07	47,8
E2	9,91	18,2	2,32	9,21	1,93	0,41	2,04	0,25	1,51	0,24	0,68	0,08	0,56	0,07	47,5
E3	9,71	17,4	2,25	8,99	1,89	0,4	2,01	0,25	1,49	0,24	0,68	0,08	0,55	0,07	46
E4	8,96	16,4	2,08	8,29	1,76	0,37	1,86	0,23	1,38	0,22	0,63	0,08	0,52	0,07	42,8
E5	9,18	16,6	2,13	8,53	1,8	0,39	1,9	0,24	1,43	0,23	0,65	0,08	0,53	0,07	43,8
E6	9,71	17,3	2,28	9,19	1,93	0,41	2,02	0,25	1,5	0,24	0,68	0,08	0,55	0,07	46,3

Tabla 4.4. Concentración de REE (Elementos de Tierras Raras) en ppm ( $\mu\text{g/g}$ )

un horizonte Apb asociado a cada terraza. En estos horizontes cultivados enterrados, las pedocaracterísticas texturales tales como revestimientos de arcilla polvorienta, costras sedimentarias, microestructura desagregada y otras características

relacionadas con el coluvión y la bioturbación son abundantes, lo que sugiere el uso de implementos agrícolas en superficies de suelo desnudo. A este respecto, los experimentos de labranza intensiva han mostrado la desagregación y la fragmentación del suelo en grandes terrones en bloques y pequeños agregados redondeados, así como modificaciones estructurales y características de acumulación textural en y alrededor de las zonas donde los implementos interactúan con el suelo (Macphail *et al.*, 1990; Gebhardt, 1995; Lewis, 2012; Gebhardt y Langohr, 2015; Deák *et al.*, 2017).

En cuanto a la fertilización del suelo, a los aportes de agua antes mencionados hay que sumar la composición geoquímica del suelo, con REE y algunos elementos traza relacionados con la fertilización presentes en concentraciones más elevadas en el suelo romano que en el suelo superior datado en época moderno-medieval (Tabla 4.5). Como se mencionó anteriormente, las REE y sus ratios evidencian el origen antrópico de los suelos, por eso las concentraciones de Ca, P y Sr pueden estar asociadas con la presencia de restos óseos, elementos como Ba y Mn con *humus*, mientras que K se ha asociado con cenizas y carbón, y Cu también con cenizas, incendios y desechos (Gallelo *et al.*, 2019, 2021; Kulkova, 2022). En general, todos estos componentes se mezclan bien con los aportes orgánicos de los desechos domésticos que habrían acompañado a la cerámica antigua. Esta fracción gruesa no solo es un claro testimonio del aporte doméstico y filiación cronológica, sino que también habría mejorado la textura de los suelos agrícolas gracias a un aumento de la porosidad que habría facilitado el desarrollo de la microbiota.

En cuanto a los resultados del análisis polínico de esta fase, destacan los vinculados al cultivo de la vid (Terral *et al.*, 2010). La evidencia arqueobotánica de *Vitis vinifera* consiste principalmente en semillas encharcadas, mineralizadas y carbonizadas, entre cuyas diferencias morfológicas sólo es posible distinguir tímidamente entre subespecies silvestres y cultivadas (Mangafa y Kotsakis, 1996). Sin embargo, a nivel palinológico, los pólenes de las dos subespecies no pueden distinguirse mediante microscopía tradicional (Punt *et al.*, 2003). En el caso que nos ocupa, es difícil decir si los fósiles de polen de *Vitis* documentados en la muestra T-1 corresponden a la subespecie silvestre o cultivada. Lo más probable es que sean de vid cultivada, dado el contexto arqueológico y sedimentario de origen (antiguos banales) y su coincidencia con el cultivo de cereales y un alto impacto humano. Sin embargo, si esta hipótesis es correcta, es posible que durante la sedimentación de la Muestra A2 se hayan cultivado vides y cereales al mismo tiempo en la terraza anterior correspondiente a T-1, y posteriormente solo cereales en la Muestra A3. En la muestra A1 el análisis de polen no revela ningún tipo de cultivo. No se documentaron cereales ni viñas en ninguno de los ejemplares del T-2 correspondientes a esta fase romana.

4. Las terrazas romanas de Ull de Canals (Banyeres de Mariola, Alacant). Aproximación espacial, geoarqueológica y bioarqueológica a las estrategias agrarias

sample	Sc	Y	Ba	Bi	Cd	Cr	Co	Cu	Pb	Li	Mn	Mo	Ni	Sr	Tl	V	Zn	U	Th
A1	1,45	5,24	31,4	0,02	0,23	11,5	3,18	6,67	4,89	4,2	185	0,93	18,4	233	0,29	20,2	19,8	0,42	0,53
A2	1,63	5,2	36,4	0,02	0,21	12,1	3,07	7,33	8,18	4,87	155	0,27	18,2	241	0,46	21,2	21,8	0,39	0,73
A3	1,64	5,06	35	0,03	0,21	11,9	2,89	6,95	5,23	4,84	144	0,24	17,9	233	0,31	21,4	24,7	0,39	0,72
A4	1,47	4,54	33,2	0,02	0,24	10,5	2,65	5,86	4,54	4,23	119	0,21	16,5	215	0,27	18,2	17,5	0,36	0,69
A5	1,77	4,5	30,1	0,03	0,2	9,83	2,54	8,14	5,91	3,89	111	0,39	16,7	197	0,35	25,9	16,9	0,35	0,81
A6	1,37	4,02	30,9	0,03	0,21	9,57	2,62	8,4	7,12	3,69	102	0,26	16,9	190	0,41	20,7	18,1	0,37	0,64
A7	1,44	3,83	28,4	0,03	0,19	11,1	2,67	8,37	5,54	2,95	94	0,21	19,2	171	0,32	21,3	22,5	0,31	0,62
B1	1,6	4,67	36,2	0,02	0,21	13,5	3,23	7,64	4,78	3,64	134	0,21	21,4	201	0,28	21,8	23,7	0,38	0,53
B2	1,66	4,95	39,9	0,02	0,2	12,6	3,63	7,8	4,87	3,5	141	0,19	23,1	211	0,28	21	21,2	0,33	0,69
B3	1,65	4,61	36,1	0,02	0,22	12,8	3,16	7,67	4,85	3,48	126	0,21	22,1	213	0,28	21,7	22,3	0,37	0,72
B4	1,55	4,52	34,8	0,01	0,21	11,4	3,24	6,47	5,52	3,34	117	0,17	22	203	0,3	20,3	17,7	0,41	0,86
B5	1,49	4,11	31,5	0,01	0,2	10,9	2,89	8,7	6,66	3,24	110	0,19	20,7	192	0,35	20,2	30,8	0,35	0,84
B6	1,37	4,09	28,7	0,02	0,22	9,63	3,2	7,62	6,12	2,74	105	0,16	20	196	0,32	18,9	20,9	0,37	0,82
B7	1,51	4,19	31,7	0,03	0,2	11,2	2,83	8,26	6,47	3,47	109	0,31	20,2	183	0,34	22,7	18,8	0,37	0,69
C1	1,12	3,24	22,6	0,02	0,15	7,97	2,36	5,21	2,87	2,97	66	0,16	20,5	214	0,17	18,6	23,1	0,36	0,5
C2	1,34	4,09	33,9	0,03	0,18	10,8	2,88	6,02	4,93	3,35	104	0,19	20,4	202	0,26	19,7	18,4	0,41	0,57
GEO	2,18	5,52	57,4	0,05	0,2	17,1	4,16	9,64	8,37	5,2	176	0,2	20,9	131	0,44	20,6	33,2	0,32	1,16
D1	2,3	5,69	59,6	0,05	0,22	19	4,53	11	9,36	5,82	183	0,19	22,7	141	0,49	22,6	30,5	0,33	1,04
D2	2,98	6,78	70,9	0,06	0,23	22,5	5,25	12,4	9,45	6,72	216	0,12	27,4	173	0,48	24,2	31,5	0,35	1,53
D3	2,29	5,91	55,7	0,05	0,23	18,7	4,47	11	10,7	5,89	177	0,22	24	166	0,53	24,2	29,1	0,37	1,17
D4	2,47	6,01	57,7	0,06	0,24	19,3	4,5	10,2	11,5	6,09	181	0,22	24	168	0,57	24,8	45,9	0,41	1,41
D5	2,57	6,27	59,7	0,06	0,24	19,2	4,5	15,8	12	6,14	182	0,21	24,3	168	0,59	24,8	30,4	0,42	1,84
D6	2,51	5,92	58,2	0,07	0,23	18,5	4,43	14	12,7	5,97	173	0,11	23,3	161	0,62	22,5	29,1	0,4	1,61
D7	3,04	7,2	78	0,09	0,24	24,1	5,39	12,2	11,3	7,88	242	0,14	26,5	169	0,57	29,9	55	0,46	1,43
E1	2,99	6,78	73,6	0,09	0,23	24,1	5,11	13,7	10,6	7,8	224	0,13	25,9	168	0,54	29,2	33,8	0,44	1,27
E2	3,07	6,86	71	0,09	0,25	23,5	5,16	12,6	11,2	7,72	219	0,14	26,5	169	0,55	30	122	0,41	1,48
E3	2,88	6,81	59,1	0,08	0,25	20,3	4,4	10,9	11,4	6,85	194	0,13	24,6	188	0,55	29,1	29,5	0,48	1,54
E4	2,77	6,15	59,3	0,08	0,24	20,5	4,45	10,9	12,7	6,89	190	0,13	24	171	0,61	28,4	33,8	0,43	1,54
E5	2,83	6,29	62,1	0,08	0,25	20,6	4,41	14,2	13,1	6,99	189	0,13	24	170	0,63	29,2	34,6	0,45	1,59
E6	2,83	6,52	64,5	0,08	0,26	19,8	4,49	14,5	12,9	6,92	205	0,13	24,4	172	0,62	30	31,6	0,48	1,68
E7	2,69	6,34	63,3	0,07	0,24	20,5	4,66	12,4	11,2	6,63	196	0,16	24,5	165	0,56	26,4	40,7	0,41	1,45
F1	3,27	7,11	78,7	0,1	0,26	25,8	5,68	12,5	13,1	9,1	239	0,13	27,8	170	0,66	33,2	88,5	0,48	1,36
F2	1,45	5,24	31,4	0,02	0,23	11,5	3,18	6,67	4,89	4,2	185	0,93	18,4	233	0,29	20,2	19,8	0,42	0,53

Tabla 4.5. Concentración de oligoelementos en ppm ( $\mu\text{g/g}$ )



### 4.8.3. Abandono y reutilización

Según el registro de la cerámica antigua, estas áreas de terrazas intensamente cultivadas fueron abandonadas aproximadamente a finales del siglo II d.C. (Grau y Sarabia-Bautista, 2022). Siguió un largo período en el que no se detectan evidencias arqueológicas de uso o frecuentación de esta zona agrícola. Este hiato en la agricultura se evidencia en el horizonte Bw de T-1 que, bajo el microscopio, revela una distribución relacionada gruesa/fina porfírica espaciada única y una microestructura masiva sin rasgos texturales.

Desde la época medieval, hacia el siglo XIII, se vuelven a detectar hallazgos en superficie. Podemos relacionarlos con el uso de las parcelas en aquella época, uso que se mantendría prácticamente hasta la actualidad, cuando aumentan los restos superficiales. Esa fase, caracterizada como medieval-moderna, corresponde a la reutilización de estas antiguas terrazas enterradas, mientras que por toda la zona de estudio se expandía en una gran zona agrícola que cubría todas las llanuras circundantes.

En relación a los resultados del análisis de polen de esta fase, en las tres muestras de T-2 (D4 a D6), así como en la Muestra A6 del T-1, se identificó polen de cereal en valores suficientemente altos (> 6 %) para confirmar el cultivo de cereales en los suelos de ambas terrazas (López Sáez y López Merino, 2005). Además, en la Muestra 6A de la T-1 se documentó polen de vid en porcentajes muy altos (13%), lo que sin duda daría fe de su cultivo en el suelo correspondiente a este periodo medieval-moderno, pero no en la Terraza 2. Estos datos coinciden plenamente con la agricultura tradicional de la zona al menos desde el siglo XVIII (Cavanilles, 1992 [1795–1797]).

La tafonomía (producción, dispersión y conservación) del polen de *Vitis* es de especial interés para arqueólogos y paleoecólogos, ya que la viticultura está asociada a las civilizaciones protohistóricas y clásicas del Mediterráneo. Las flores de la vid cultivada tienen una anatomía específica y una predisposición genética y morfológica a la autopolinización y autofecundación. Además, la vid silvestre es dioica, a diferencia del tipo cultivado cuya polinización se lleva a cabo por autopolinización hermafrodita, asistida por polinización cruzada entomófila y anemófila (Zohary, 1995; Zohary *et al.*, 2012). Por lo tanto, sería lógico esperar que las subespecies silvestres tuvieran una mayor polinización que la variedad cultivada (Gauthier, 2000). El pequeño tamaño del polen tricolpado de *Vitis* –17-28  $\mu\text{m}$  de diámetro (Linder y Linskens, 1978)– es típico de la transmisión por el viento. En cualquier caso, la señal local (13%) en la Muestra A6 de T-1 es predictiva de una alta cantidad de granos de polen de *Vitis* en el suelo de cultivo. Las investigaciones sobre la dispersión aérea del polen de *Vitis* realizadas en el sureste de Francia y el Reino Unido muestran que el porcentaje de esta especie apenas alcanza el 0,5% en las regiones vitivinícolas, lo que demuestra que este taxón tiene una polinización débil y una dispersión del polen muy limitada (Planchais, 1972; Turner y Brown, 2004). En el noreste de

Francia (Jura), un estudio de lluvia de polen realizado mediante un transecto de un pequeño viñedo (Gauthier, 2000) documentó valores de polen de *Vitis* entre 2,5 y 7% en muestras tomadas dentro del viñedo, 0,5% a 1 m de ella, y prácticamente cero a una distancia de 2 m. Estos datos corroboran la hipótesis de que el 13% de polen de *Vitis* documentado en la Muestra A6 de la T-1 demuestra sin ambigüedades que las vides se cultivaron en este suelo.

#### **4.9. VALORACION FINAL: INTENSIFICACIÓN AGRARIA Y MODELOS SOCIOECONÓMICOS EN ÉPOCA ROMANA**

Los estudios realizados muestran que los grupos romanos de la región desarrollaron una estrategia de intensificación agraria que implicaba un aumento del trabajo agrícola para aumentar o mantener la producción agrícola por unidad de tierra (Brookfield, 1972). La intensificación agrícola se define aquí como un aumento en la cantidad de mano de obra por unidad de tierra, en forma de la construcción de terrazas, abonado de suelos con desechos domésticos y posiblemente canalización de las corrientes de agua para mejorar la producción agrícola.

La intensificación se ha atribuido con frecuencia a demandas sociales, como la extracción tributaria relacionada con la economía política y el papel del comercio en los sistemas agrícolas intensivos (Brookfield, 1972: 36-38). Este contexto podría ser el caso de amplias zonas en la proximidad de las ciudades romanas del área oriental de la península ibérica, como los casos del *Ager Dinanensis* analizados en ese mismo proyecto. Sin embargo, en esta zona del interior montañoso hay pocos indicios de iniciativas e inversiones claramente relacionadas con latifundios o con la intervención del Estado romano. Tampoco la pequeña cantidad de las tierras de cultivo y los cultivos, principalmente cereales, se relaciona con cultivos orientados a la generación de excedentes, más bien deberían relacionarse con las necesidades de subsistencia de los grupos campesinos y la creación de un pequeño fondo de renta para la tributación o satisfacción de demandas sociales.

Como venimos proponiendo en otros estudios (Grau, 2014; Sarabia-Bautista y Grau, 2020; Grau y Sarabia-Bautista, 2022), el ejemplo analizado podría estar relacionado con el modelo de organización socioeconómica del trabajo agrícola basado en el grupo doméstico y su fuerza de trabajo como vector determinante en la intensificación, según el modelo de *Intensive Smallholders* de R. Mc. Netting (1993). Este investigador enfatizó el papel del pequeño grupo doméstico –la familia nuclear o poligínica– como la unidad social que normalmente movilizaba el trabajo, organizaba el consumo y ejercía la propiedad sobre pequeñas parcelas de tierra cultivadas intensivamente (Netting, 1993: 13). Posiblemente sea este modelo el que mejor se ajuste a nuestro caso concreto de estudio. En este esquema, el papel predominante se debe a las iniciativas de pequeños grupos campesinos que emplean formas tradicionales de explotación agraria sin estricta dependencia

de factores externos. Si bien son grupos con conexiones con las regiones vecinas a través de estructuras políticas y redes de intercambio, su actividad económica está orientada a la satisfacción de las necesidades propias del grupo, la satisfacción de algunas demandas tributarias y su perpetuación en la tierra a partir de fórmulas de inversión continua.

Esta forma organizativa del trabajo y la gestión agraria se diferencia notablemente de los modelos más frecuentemente empleados en la agricultura y el paisaje romano de las provincias Hispanas. Los estudios tradicionales han empleado de forma generalizada el concepto arqueológico de villa y sus modalidades de explotación para explicar el mundo rural romano (véase una revisión del concepto en Molina, 2008; Fernández-Ochoa *et al.*, 2014). La aplicación de este esquema no responde tanto a criterios de tipología arquitectónica concreta sino de una categoría arqueológica generalista que no ha profundizado en las diversas maneras de habitar el campo y las estrategias agrarias desplegadas por las comunidades rurales. Afortunadamente, en los últimos tiempos, gracias fundamentalmente al desarrollo de proyectos de prospección y análisis de los paisajes arqueológicos hispanos (Fiches *et al.* 2013; Mayoral *et al.*, 2021, Bermejo y Grau, 2022) se ha producido un cambio de este paradigma generalizador. A la vista de toda esta evidencia, ya no es posible sostener la idea de una desaparición de las comunidades campesinas indígenas durante el periodo tardorrepublicano y altoimperial y la sustitución por un modelo de poblamiento itálico y sus formas de explotación asociadas.

Además, los estudios de los espacios agrarios muestran una gran diversidad de estrategias, con la superación del modelo canónico romano basado en la agricultura romana de arado y barbecho. Así, se han desarrollado estudios de paisajes aterrizados como el que ahora presentamos en diversas regiones (Ruiz del Árbol, 2006; Sánchez-Palencia y Currás, 2021). Estos bancales antiguos son especialmente frecuentes en la zona del oriente de Iberia donde en las mismas fechas a las de nuestro estudio, entre los siglos II a.C. y I d.C., se han identificado en La Foia de Manuel Valencia (Sánchez Priego *et al.*, 2015), El Ramblar (Vives-Ferrándiz *et al.*, 2021), o La Vila Joiosa (Ruiz Alcalde *et al.*, 2014). Todos ellos son muy semejantes a los aquí estudiados y se caracterizan por modificar laderas suaves, siempre con pendientes de menos de 6 grados de inclinación, ubicadas en abanicos aluviales y con suelos de espesor medio en torno a 1-1,5 m. Por lo general, se trata de pequeñas parcelas que han sido modificadas para mejorar las condiciones de cultivo, especialmente para la retención de humedad.

Habrà que seguir indagando en estos parcelarios construidos para valorar el alcance de estas estrategias en las diversas zonas de nuestra área de estudio. Precisamente en esta línea de avance en la agricultura romana temprana se inscribe el presente estudio que pretende, de una parte, postular la persistencia de formas tradicionales de explotación agraria y que se habían mostrado como muy sostenibles.

En segundo lugar, pretendemos incorporar casos de estudio concretos que contribuyan a reconocer las múltiples y variadas formas agrarias claramente vinculadas a los rasgos de los micro-paisajes mediterráneos y que se adaptaron a las nuevas circunstancias del dominio romano sin tener que transformar sus estrategias agrarias.

## Referencias bibliográficas

---

- Abad, L. (1984): Romanización, *Alcoi. Prehistoria y Arqueología. Cien años de investigación*. Alcoi: 259-276.
- Albert, R.M., Ruiz, J.A. y Sans, A. (2016): PhytCore ODB: a new tool to improve efficiency in the management and exchange of information on phytoliths. *Journal of Archaeological Science*, 68: 98-105.
- Albert, R.M., Shahack-Gross, R., Cabanes, D., Gilboa, A., Lev-Yadun, S., Portillo, M., Sharon, I., Boaretto, E., y Weiner S. (2008): Phytolith-rich Layers from the Late Bronze and Iron Ages at Tel Dor (Israel): Mode of Formation and Archaeological Significance. *Journal of Archaeological Science*, 35: 57-75.
- Albert, R.M. y Weiner, S. (2001): Study of phytoliths in prehistoric ash layers using a quantitative approach. En Meunier, J.D. y Colin, F. (eds.): *Phytoliths, Applications in Earth Sciences and Human History*. A.A. Balkema Publishers, Lisse: 251-266.
- Álvarez, J.F. (2020): Production Models in Roman Commercial Agriculture: the Northwest of Hispania Citerior Between the 2nd Century BC and the 2nd Century AD. En Marzano, A. (ed.): *Villas, Peasant Agriculture, and the Roman Rural Economy (panel 3.15)*, *Archaeology and Economy in the Ancient World*, 17, Pro-pylaeum, Heidelberg: 31-44.
- Álvarez, J.F. (2023): *Nacimiento y desarrollo de la vinicultura comercial (ss. II a.C. - I d.C.). Modelos de producción agrícola en el Noreste de Hispania*. Instrumenta, 83. Universitat de Barcelona, Barcelona.
- Álvarez, J.F., Bolufer, J., Mateo, D. y Molina, J. (2020): La campaña arqueológica de 2018 en la *fligina* de La Rana/Les Puntes (Gata de Gorgos, Alicante). *Jornades d'Arqueologia de la Comunitat Valenciana 2016-2017-2018*. Generalitat Valenciana, Valencia: 173-178.
- Aquilué, X. (2008): Las imitaciones de cerámica africana en Hispania. En Bernal, D. y Ribera, A. (eds.), *Cerámicas hispanorromanas. Un estado de la cuestión*. Universidad de Cádiz, Cádiz: 553-562.
- Arasa, F. y Vidal, R. (2020): Un fragment d'escultura trobat a la vil·la romana de les Hortes (Xaló, la Marina Alta). *Sagvntvm*, 52: 213-217.
- Ariño, E. y Chávez, E. (2019): Las estructuras del campo. En Sánchez, E. y Bustamante, M. (eds.): *Arqueología romana en la península ibérica*. Universidad de Granada, Granada: 477-496.

- Arnold, C., Gillet, F. y Gobat, J.M. (1998): Situation de la vigne sauvage *Vitis vinifera* ssp. *silvestris* in Europe. *Vitis*, 37: 159-170.
- Arnold, C., Schnitzler, A., Douard, A., Peter, R. y Gilet, F. (2005): Is there a future for wild grapevine (*Vitis vinifera* subsp. *silvestris*) in the Rhine Valley?. *Biodiversity and Conservation*, 14: 1507-1523.
- Aspinall, A., Gaffney, C., Schmidt, A. (2009): *Magnetometry for Archaeologists*, Alta-Mira Press, Lanham.
- Attema, P. (2018): Urban and Rural Landscapes of the Pontine Region (Central Italy) in the late Republican period. Economic growth between colonial heritage and elite impetus. *BABESCH: Bulletin Antieke Beschaving=Annual Papers on Classical Archaeology*, 93: 143-164.
- Barahona, E., Cadahina, C., Casado, M., Chaves, M., Gárate, A., Heras, L., Lachica, M., Lasala, M., Llorca, R., Montañes, L., Pardo, M.T., Pérez, V., Prat, L., Romero, M. y Sánchez, B. (1984): Determinación de carbonatos totales y caliza activa. Determinaciones analíticas en suelos. Normalización de métodos IV. En *Actas del I Congreso Nacional de La Ciencia Del Suelo*. Sociedad Española de la Ciencia del Suelo, Madrid: 53-69.
- Belarte, M.C., Portillo, M., Mateu, M., Saorín, C., Pastor, M., Vila, S. y Pescini, V. (2023): An interdisciplinary approach to the combustion structures of the Western Mediterranean Iron Age. The first results. *Journal of Archeological Science: Reports*, 47: 103803.
- Bermejo, J. y Grau, I. (2022): *The Archaeology of Peasantry in Roman Spain*. De Gruyter, Berlín.
- Bernardes, J. P., Rondán-Sevilla, I., Candeias, C. y Ruiz, M. (2022): Non-invasive prospection methods at the Roman city of Balsa (Luz de Tavira - Portugal): Revealing the Real Townscape. *Land*, 11 (10): 1785.
- Bertran, P. y Teixier, J.P. (1999): Facies and microfacies of slope deposits. *CATENA*, 35, 99-121.
- Beug, H.J. (2004): *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.
- Bintliff, J. (2000): The concepts of 'site' and 'offsite' archaeology in surface artefact survey. En Pasquinucci, M. y Tremont, F. (eds.): *Non-Destructive Techniques Applied to Landscape Archaeology*. Oxbow Books, Series: Archaeology of Mediterranean Landscapes, 4: 200-215.
- Bintliff, J. y Degryse, P. (2022): A review of soil geochemistry in archaeology. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 43: 103419.
- Bintliff, J.L. y Snodgrass, A.M. (1988): Off-site pottery distributions: a regional-interregional perspective. *Current Anthropology*, 29: 506-513.
- Bolufer, J. (1988): Ceràmiques fines tardanes de la Punta de L'Arenal. *Xàbiga: revista del Museu de Xàbia*, 4: 39-53.

- Bolufer, J. (1992): El poblament romà de Xàbia. En *Actes del III Congrès d'Estudis de la Marina Alta*. Denia: 141-152.
- Bolufer, J. (2017): La romanització a les terres de Xàbia. *Quaderns del Museu de Xàbia*, 1.
- Bolufer, J. y Banyos, I. (1995): Un nuevo taller de ánforas del territorio de Dianium (La Rana/Gata, Marina Alta, País Valencià). En *XXI Congreso Nacional de Arqueología*. Zaragoza: 1043-1056.
- Boschi, F. (2009): Introduzione alla geofisica per l'Archeologia. *Groma*, 2: 291-315.
- Bowes, K., Mercuri, A.M., Rattigheri, E., Rinaldi, R., Arnoldus-Huyzendveld, A., Ghisleni, M.E., Grey, C., Mac Kinnonand, M. y Vaccaro, E. (2017): Peasant Agricultural Strategies in Southern Tuscany: Convertible Agriculture and the Importance of Pasture. *The Economic Integration of Roman Italy*. Brill, Leiden: 170-199.
- Brookfield, H.C. (1972). Intensification and Disintensification in Pacific Agriculture. A Theoretical Approach. *Pacific Viewpoint*, 13: 30-48.
- Brown, D.A. (1984): Prospects and limits of a phytolith key for grasses in the central United States. *Journal of Archaeological Science*, 11 (4): 345-368.
- Burjachs, F., López Sáez, J.A. e Iriarte, M.J. (2003): Metodología Arqueopalinológica. En Buxó, R. y Piqué, R. (Dirs.): *La recogida de muestras en Arqueobotánica: objetivos y propuestas metodológicas. La gestión de los recursos vegetales y la transformación del paleopaisaje en el Mediterráneo occidental*. Museu d'Arqueologia de Catalunya, Barcelona: 11-18.
- Cabanes, D., Weiner, S. y Shahack-Gross, R. (2011): Stability of phytoliths in the archaeological record: a dissolution study of modern and fossil phytoliths. *Journal of Archaeological Science*, 38: 2480-2490.
- Canti, M.G. (1999): The production and preservation of faecal spherulites: Animals, environment and taphonomy. *Journal of Archaeological Science*, 26: 251-258.
- Cavanilles, J.A. (1992 [1795-1797]): *Observaciones sobre la historia natural, geografía, agricultura, población y frutos del Reyno de Valencia*. Valencia.
- Cerdà, F.J. (1983): Contribución al estudio arqueológico de la Foia de Castalla (Alicante). *Lucentum*, II: 69-90.
- Cerrillo, E. y López, A. (2020): Evaluación y perspectivas del uso del LiDAR en la arqueología española. *Boletín del Museo Arqueológico Nacional*, 39: 219-236.
- Coil, J., Korstanje, M.A., Archer, S. y Hastorf, C.A. (2003): Laboratory goals and considerations for multiple microfossil extraction in archaeology. *Journal of Archaeological Science*, 30 (8): 991-1008.
- Coll, J. (2005): Hornos y producción de cerámica romana en la Comunidad Valenciana. En Coll, J. y Espona, P. (coords.): *Recientes investigaciones sobre producción cerámica en Hispania*. Amigos del Museo Nacional de Cerámica y Artes Santuarias González Martí, València.
- Conyers, L.B. (2004): *Ground Penetrating Radar for Archaeology*. AltaMira Press, Lanham.

- Conyers, L. (2011): Discovery, mapping and interpretation of buried cultural resources non-invasively with ground-penetrating radar. *Journal of Geophysics and Engineering*, 8: 813-822.
- Courty, M.-A., Macphail, R.I. y Goldberg, P. (1989): *Soils and Micromorphology in Archaeology, Cambridge Manuals in Archaeology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cuomo di Caprio, N. (1971-1972): Proposta di classificazione delle fornaci per cerámica e laterizi nell'area italiana, dalla preistoria a tutta l'epoca romana. *Sibrium*, 11: 371-464.
- Deák, J., Gebhardt, A., Lewis, H., Usai, M.R., Lee, H., 2017. Soils Disturbed by Vegetation Clearance and Tillage. En Nicosia, C. y Stoops, G. (eds.): *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*. John Wiley & Sons, Ltd: 231-264.
- Doneus, M., Briese C., Fera M. y Janner, M. (2008): Archaeological Prospection of Forested Areas Using Full-Waveform Airborne Laser Scanning. *Journal of Archaeological Science*, 35 (4): 882-893.
- Doneus, M., Doneus, N., Briese, C., Pregesbauer, M., Mandlbürger, G., Verhoeven, G. (2013): Airborne laser bathymetry - detecting and recording submerged archaeological sites from the air. *Journal of Archaeological Science* 40 (4): 2136-2151.
- Espí, I. (2001): Noves dades sobre poblament ibèric i romà a les comarques de l'Alcoià y el Comtat. Les valls de les Puntes, Polop, Serpis mitjà i Alcalà. *Recerques del Museu d'Alcoi*, 10: 83-110.
- Espinosa, A. (2006): Sobre el nombre de la ciudad ibérica y romana de Villajoyosa y la ubicación del topónimo Alonís/Alona/Allon. *Lucentum*, 25: 223-248.
- Fassbinder, J.W. (2016): Magnetometry for Archaeology. En Gilbert, A. S. (ed.), *Encyclopedia of Geoarchaeology*. Springer: 499-514.
- Fedi, M., Cella, F., Florio, G., La Manna, M. y Paoletti, V. (2017): Geomagnetometry for Archaeology. En Masini, N. y Soldovieri, F. (eds.), *Sensing the Past. From artifact to historical site*, Geotechnologies and the Environment, 16, Heidelberg: 203-230.
- Fernández-Ochoa, C., Salido, J. y Zorzalejos, M. (2014): Las formas de ocupación rural en *Hispania*. Entre la terminología y la praxis arqueológica. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología*, 40: 111-136.
- Fiches, J.L., Planas, R. y Revilla, V. (2013): *Paysages ruraux et territoires dans les cités de l'Occident romain. Ager IX*. Presses Universitaires de La Méditerranée collection «Mondes Anciens», Montpellier.
- Figueroa-Cisterna, J., Bagur-González, M.G., Morales-Ruano, S., Carrillo-Rosúa, J. y Martín-Peinado, F. (2011): The use of a combined portable X ray fluorescence and multivariate statistical methods to assess a validated macroscopic rock samples classification in an ore exploration survey. *Talanta*, 85: 2307-2315.



- Frías, C. (2010): *El poblamiento rural de Dianium, Lucentum, Ilici y la ciudad romana de la Vila Joiosa (siglos II a.C.-VII d.C.). Bases para su estudio*. Universitat d'Alacant, Alicante
- Fuertes, M.C. y Meyer, C. (2019): La Ciudad Romana de Ategua. Análisis e interpretación de los resultados obtenidos por la prospección geofísica efectuada al interior de su recinto amurallado. *Romvlla*, 18: 71-111.
- Gallelo, G., Ferro-Vázquez, C., Chenery, S., Lang, C., Thornton-Barnett, S., Kabora, T., Hodson, M.E. y Stump, D. (2019): The capability of rare earth elements geochemistry to interpret complex archaeological stratigraphy. *Microchemical Journal*, 148: 691-701.
- Gallelo, G., Ramacciotti, M., García Puchol, O., Chenery, S., Cortell-Nicolau, A., Cervera, M.L., Díez-Castillo, A., Pastor, A. y McClure, S.B. (2021): Analysis of stratigraphic sequences at Cocina Cave (Spain) using rare earth elements geochemistry. *Boreas*, 50: 1190-1280.
- Gauthier, E. (2000): Mise en évidence pollinique de la culture de la vigne au 1<sup>er</sup> siècle après J.-C. dans la plaine du Doubs (Neublans, Jura). *Revue d'Archéométrie*, 24: 63-69.
- Gebhardt, A. (1995): Soil micromorphological data from experimental and traditional agriculture. En Barham, A.J. y Macphail, R.I. (eds.): *Archaeological Sediments and Soils: Analysis, Interpretation and Management*. Archetype Press, London: 25-40.
- Gebhardt, A. y Langohr, R. (2015): Traces de roulage ou de labour ? Le diagnostic micromorphologique. ArcheoSciences. *Revue d'archéométrie*, 39: 31-38.
- Gisbert, J.A. (1987): La producció de vi al territori de Dianium durant l'Alt Imperi: el taller d'àmfores de la vil·la romana de l'Almadrava (Setlamiarrosa-Miraflor). En *El vi a l'Antiguitat. Economia, producció i comerç al Mediterrani Occidental. Actes del I Col·loqui d'Arqueologia Romana (Badalona, 1985)*. Museu de Badalona, Badalona: 103-118.
- Gisbert, J.A. (1992): Dues terrisseries romanes del Territori de Dianium. Els jaciments de l'Alter de Perdigó i de la Teulera de Jesús Pobre (Dénia, Alacant). En AA.VV. *Actes del III Congrés d'Estudis de la Marina Alta*, Denia: 89-100.
- Gisbert, J.A. (1999): Àmfores i vi al territorium de Dianium (Dénia): Dades per a la sistematització de la producció amforal al País Valencià. En *El vi a l'Antiguitat: economia, producció i comerç al Mediterrani Occidental. Actes del II Col·loqui Internacional d'Arqueologia Romana. (Barcelona, 1998)*. Museu de Badalona, Badalona: 383-417.
- Gisbert, J.A. (2003): El territorium de Dianium-Dénia en el Alto Imperio. La Marina Alta: la producció agrícola y el poblamiento. *Canelobre*, 48: 121-144.
- Gisbert, J.A. (2009). Vi tarraconense al País Valencià. Una mirada des dels forns d'àmfores, arqueologia de les vil·les i derelictes de la costa de Dianium (Dénia).

- En Prevosti M. y Martín, A. (coords.) *El vi tarraconense i laietà: ahir i avui*. Institut Català d'Arqueologia Clàssica, Tarragona: 125-150.
- Goodman, D. y Piro, S. (2013): *GPR Remote Sensing in Archaeology*. Springer, New York.
- Grau, I. (2014): The rural landscape of the Valley of Alcoi in the eastern Iberian Iron Age: agricultural intensification and sociopolitical dynamics. *Journal of Field Archaeology*, 39.2: 124-133.
- Grau, I. (2017): Archaeological surveys in areas with a high density of artefacts: analysis and interpretation proposals. *Quaternary International*, vol. 435: 71-80.
- Grau, I. (2022): A Peasant Landscape in the Eastern Roman Spain. An Archaeological Approach to Territorial Organization and Economic Models. En Bermejo, J. y Grau, I. (eds.): *The Archaeology of Peasantry in Roman Spain*. De Gruyter, Berlin-Boston: 91-110.
- Grau, I., Carreras, C., De Soto, P., Molina, J. y Segura, J.M. (2012): Propuestas metodológicas para el estudio del paisaje rural antiguo en el área central de la Contestania. *Zephyrus*, 70 (2): 131-149.
- Grau, I., Carreras, C., Cortell, E., Cortés, A., Miró, J., Molina, J. y Segura, J.M. (2015): L'assentament de la Torre Redona (Alcoi) i la formació del paisatge romà a les comarques de l'Alcoià-el Comtat. *Recerques del Museu d'Alcoi*, 24: 67-86.
- Grau, I. y Garrigós, I. (2007): Aproximació al poblament romà de les Valls d'Alcoi. *Recerques del Museu d'Alcoi*, 16: 113-150.
- Grau, I., Jiménez, H. y Sarabia-Bautista, J. (2021): Arqueología de los espacios y comunidades agrarias desde el registro superficial: un análisis comparado de paisajes y prácticas rurales desde la Antigüedad al Medioevo. En Mayoral, V., Grau, I., Bellón J.P. (eds.): *Arqueología y sociedad de los espacios agrarios: en busca de la gente invisible a través de la materialidad del paisaje*. CSIC: Anejos de AEspA XCI, Madrid: 27-46.
- Grau, I. y Moratalla, J. (1999): Espacios de control y zonas de transición en el área central de la Contestania Ibérica. *Recerques del Museu d'Alcoi*, 8: 179-202.
- Grau, I. y Sarabia-Bautista, J. (2022): Multiscaled Archaeological Survey in Eastern Iberia: Ancient Settlement Dynamics, Agrarian Practices and Rural Landscapes. *Journal of Field Archaeology*, 47 (7): 471-485.
- Grau, I., Sarabia-Bautista, J., Alba, M., Bujalance, R. y Torres, M. (2023): *Arqueología de los paisajes rurales en Banyeres de Mariola (Alacant)*. Petracos 10, INAPH-Universidad de Alicante, Alicante.
- Grimm, E.C. (1992): *Tilia*, version 2. Springfield. Illinois State Museum, Research and Collection Center.
- Grimm, E.C. (2004): *TGView*. Springfield, Illinois State Museum, Research and Collection Center.
- Gur-Arieh, S., Shahack-Gross, R., Maeir, A.M., Lehmann, G., Hitchcock, L.A. y Boaretto, E. (2014): The taphonomy and preservation of wood and dung ashes

- found in archaeological cooking installations: case studies from Iron Age Israel. *Journal of Archaeological Science*, 46: 50-67.
- Gurri, E. (2004): El jaciment arqueològic d'El Morè (Sant Pol de Mar, El Maresme). Un centre productor de vi laietà. En Genera, M. (coord.): *Actes de les Jornades d'Arqueologia i Paleontologia, comarques de Barcelona, 1996-2001*, vol. 2, Generalitat de Catalunya, Barcelona: 626-634.
- Kabata-Pendias, A. (2010): *Trace Elements in Soils and Plants*. CRC Press. Taylor & Francis Group, Boca Raton, London-New York.
- Karkanias, P. (2019): Microscopic deformation structures in archaeological contexts. *Geoarchaeology*, 34, 15-29.
- Karkanias, P. y Goldberg, P. (2019): *Reconstructing Archaeological Sites: Understanding the Geoarchaeological Matrix*. John Wiley & Sons.
- Kassambara, A. y Mundt, F. (2020): *factoextra: extract and visualize the results of multivariate data analyses. R package version 1.0.7*.
- Katz, O., Cabanes, D., Weiner, S., Maeir, A., Boaretto, E. y Shahack-Gross, R. (2010): Rapid phytolith extraction for analysis of phytolith concentrations and assemblages during an excavation: An application at Tell es-Safi/Gath, Israel. *Journal of Archaeological Science*, 37 (7): 1557-1563.
- Kooistra, M.J. y Pulleman, M.M. (2018): *Chapter 16 - Features Related to Faunal Activity*. En Stoops, G., Marcelino, V. y Mees, F. (Eds.), *Interpretation of Micro-morphological Features of Soils and Regoliths*. Elsevier: 447-469.
- Kulkova, M. (2022): Geochemical Indication of Functional Zones at the Archaeological Sites of Eastern Europe. *Minerals*, 12 (9): 1075.
- Lagóstena, L. y Aragón, E. (2023): The Contribution of GPR to the Historical Research of Urban and Rural Landscapes of Antiquity. *Land*, 12: 1165.
- Lagóstena, L. y Molina, J. (2020): La *figlina* como ámbito de investigación cuantitativa de la economía romana. Aportación y potencial de la exploración con georradar. En Revilla, V., Aguilera, A., Pons, L. y García, M. (eds.), *Ex Baetica Romam. Homenaje a José Remesal Rodríguez*. Instrumenta Homenatges, 58. Universitat de Barcelona, Barcelona: 923-946.
- Lajara, J. (2006): El yacimiento del Camino de la Ermita de San Miguel y las evidencias del poblamiento ibero-romano en el término de Ibi (Alicante). *Recerques del Museu d'Alcoi*, 15: 75-84.
- Lajara, J. y Pérez, A. (2006): Carta Arqueològica de Ibi. *Actuacions arqueològiques en la província de Alicante*, 2005. Cd-Rom editado por el CDL Alicante, Alicante.
- Laubenheimer, F. y Gisbert, J. A. (2001): La standardisation des amphores Gauloise 4, des ateliers de Narbonnaise à la production de Denia. En Laubenheimer, F. (ed.) *Vingt ans de recherches à Sallèles d'Aude*. Presses universitaires franc-comtoises, Besançon: 33-50.
- Leveau, P. (2003): El desenvolupament regional a la Gàl·lia narbonesa: l'aportació de la paleoecologia i de l'arqueologia de prospecció. En Prevosti, M., Guitart, J.

- y Palet, J. M. (eds.): *Territoris antics a la Mediterrània i a la Cossetània oriental*, Barcelona: 81-94.
- Lewis, H. (2012): *Investigating ancient tillage: an experimental and soil micromorphological study*. BAR. Archaeopress, Oxford.
- Linder, R. y Linskens, H.F. (1978): Le pollen de vigne d'Alsace. En Pouget, R., Doazan, J.P. (Eds.), *Genetique et Amelioration de la Vigne. IIème Symposium International*. INRA, París: 75-88.
- Liou, B. (1998): Inscriptions peintes sur amphores de Narbonne (Port-la-Nautique, Aude). III. *Revue archéologique de Narbonnaise*, 31: 91-102.
- Llobregat, E. (1972): *Contestania Ibérica*. Instituto de Estudios Alicantinos, Alicante.
- López Sáez, J.A. y López Merino, L. (2005): Precisiones metodológicas acerca de los indicios paleopalinológicos de agricultura en la Prehistoria de la Península ibérica. *Portugalia*, 26: 53-64.
- López Sáez, J.A., Burjachs Casas, F., López García, P., López Merino, L. (2006): Algunas precisiones sobre el muestreo e interpretación de los datos en Arqueopalinología. *Polen*, 15: 17-29.
- López Sáez, J.A., Iriarte, M.J., Burjachs, I. y Casas, F. (2013): Arqueopalinología. En García-Díez, M. y Zapata, L. (eds.): *Métodos y técnicas de análisis y estudio en Arqueología Prehistórica. De lo técnico a la reconstrucción de los grupos humanos*. Universidad del País Vasco, Vitoria: 273-290.
- López Sáez, J.A., López García, P. y Burjachs, F. (2003): Arqueopalinología: Síntesis Crítica. *Polen*, 12: 5-35.
- Macphail, R.I. (1998): A reply to Carter and Davidson's "an evaluation of the contribution of soil micromorphology to the study of ancient arable agriculture". *Geoarchaeology*, 13: 549-564.
- Macphail, R.I., Courty, M.A. y Gebhardt, A. (1990): Soil micromorphological evidence of early agriculture in north-west Europe. *World Archaeology*, 22: 53-69.
- Manataki, M., Sarris, A., Donati, J. C., Cuenca, C. y Kalayci, T. (2015): GPR: Theory and Practice in Archaeological Prospection. En Sarris, A. (ed.), *Best Practices of GeoInformatic Technologies for the Mapping of Archaeolandscapes*. Archaeopress, Oxford: 13-24.
- Mangafa, M. y Kotsakis, K. (1996): A new method for the identification of wild and cultivated charred grape seeds. *Journal of Archaeological Science*, 23: 409-418.
- MAPA (1994): *Métodos Oficiales de Análisis*. Tomo III. Madrid.
- Márquez, J. C. (2006): El Valle de Elda en la época romana: el mundo rural. En Poveda, A.M. y Valero, J.R. (coords.), *Historia de Elda. I. De las cabañas a la villa (desde la Prehistoria hasta el siglo XVIII)*. Ayuntamiento de Elda, Alicante: 75-96.
- Marquiegui, A. (2013): *El patrimonio hidráulico de la provincia de Alicante. Catálogo ilustrado de mil quinientas obras y actuaciones*. Diputación de Alicante, Alicante.
- Marquiegui, A. y Lajara, J. (2014): El Barranco de los Molinos y las Huertas Mayores en Ibi (Alicante). Paisajes hidráulicos a proteger. En Sanchis, C., Palau, G.

- Mangue I. y Martínez, L.P. (coords.): *Irrigation, society and landscape: tribute to Thomas F. Glick: proceedings [of the] International Conference*. Universidad politécnica de Valencia, Valencia: 1083-1104.
- Martín, A. (2009): Parc Arqueològic Cella Vinaria (Teià, Maresme, Barcelona). Descobrint el celler romà de Vallmora. En Prevosti, M. y Martín, A. (coords.): *El vi tarraconense i laietà ahir i avui: actes del simpòsium, 2007*. Institut Català d'Arqueologia Clàssica, Tarragona: 193-213.
- Martín, A. (2012): Anàlisi tecnofuncional d'estructures productives vitivinícoles d'època romana. Identificació i localització a Catalunya de fosses de maniobra de premses de biga amb contrapès tipus arca lapidum. *Pyrenae*, 43 (2): 53-98.
- Martín, A. (2020): Projecte Cella Vinaria; quinze anys de recerca arqueològica i patrimonial al celler romà de Vallmoral (Teià, Barcelona). *Tribuna d'Arqueologia*, 2017-2018: 220-253.
- Martín-Peinado, F.J. y Rodríguez-Tovar, F.J., 2016. Researching Protected Geosites: In Situ and Non-Destructive Analysis of Mass-Extinction Bioevents. *Geoheritage*, 8 (4): 1-7.
- Martínez, C. y Molina, J. (2016): La villa de la C/ Olimpo y la organización territorial de la periferia urbana de Lucentum (Alicante). *Pyrenae*, 47 (1): 165-189.
- Mata, C. y Bonet, H. (1992): La cerámica ibérica: ensayo de tipología. *Estudios de Arqueología Ibérica y Romana: Homenaje a Enrique Pla Ballester*. Serie Trabajos Varios del SIP, 89. Diputación de Valencia, Valencia: 117-174
- Mateo, D. (2018): La producción de ánforas en el área costera central de la Tarraconense durante el alto Imperio. *Cuadernos de la SECAH-Ex Officina Hispana*, 3: 133-152.
- Mateo, D. (2022). El pecio Mariposa E (Alghero, Italia) y el vino de Saguntum. *Canelobre*, 72: 249-264.
- Mateo, D., Álvarez, J.F., Santana, R. y Molina, J. (2023): Production centres and trade relations in the Early Empire. Analysis of the amphorae production from the Tarraconensis central coast: The ARCEA Project. En Bentz, M. y Heinzelmann, M. (Eds.): *Sessions 11-12, Archaeology and Economy in the Ancient World*, 54, Propylaeum, Heidelberg: 277-283.
- Mateo, D. y Molina, J. (2016a). Gauloise 4 (Tarraconensis central coastal area). *Amphorae ex Hispania. Paisajes de producción y consumo*, 25 octubre, 2016. <http://amphorae.icac.cat/amphora/gauloise-4-tarraconensis-central-coastal-area>
- Mateo, D. y Molina, J. (2016b). Almadrava IV (Tarraconensis central coastal area). *Amphorae ex Hispania. Paisajes de producción y consumo*, 25 octubre, 2016. <http://amphorae.icac.cat/amphora/almadrava-iv-tarraconensis-central-coastal-area>
- Mateo, D. y Molina, J. (2016c): Dressel 2-4 (Área costera central tarraconense). *Amphorae ex Hispania. Paisajes de producción y consumo*, 26 octubre, 2016. <http://amphorae.icac.cat/amphora/dressel-2-4-tarraconensis-central-coastal-area>

- Mateo, D. y Molina, J. (2016d): Oliva 3 (Área costera central tarraconense). *Amphorae ex Hispania. Paisajes de producción y consumo*, 27 octubre, 2016. <http://amphorae.icac.cat/amphora/oliva-3-tarraconensis-central-coastal-area>
- Mateo, D., Bolufer, J., Lagóstena, L. y Molina, J. (2018): La *figlina* de la Rana (Gata de Gorgos, Alicante). Prospección geofísica y primeras actuaciones arqueológicas de un centro alfarero altoimperial. En Járrega, R. y Colom, E. (eds.): *Figlinae Hispaniae. Nuevas aportaciones al estudio de los talleres cerámicos de la Hispania romana*. Treballs d'Arqueologia de la Mediterrània Antiga 6, Institut Català d'Arqueologia Clàssica, Tarragona: 159-168.
- McLennan, S.M. (1989): Rare earth elements in sedimentary rocks: Influence of provenance and sedimentary processes. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 21: 169-200.
- Molina, LL. (2000): El poblament prehistòric en la vall mitjana del riu Gorgos (Marina Alta, Alacant). *Saguntum*, 32: 77-96
- Molina, J. (2008): La villa romana: de las fuentes escritas a la creación del concepto histórico. En Revilla, V., González, J., y Prevosti, M. (eds.): *Actes del Simposi Les vil·les romanes a la Tarraconense. Implantació, evolució i transformació. Estat actual de la investigació del món rural en època romana, Lleida, 2007*. Museu Arqueològic de Catalunya, Barcelona: 37-48.
- Molina, J., (2020): *El sistema económico policéntrico romano (siglos I-II d.C.)*. Universidad de Alicante, Alicante.
- Moore, P.D., Webb, J.A. y Collinson, M.E. (1991): *Pollen analysis*. Blackwell Scientific Publications, London.
- Moratalla, J. (2004): *Organización del territorio y modelos de poblamiento en la Contestania Ibérica*. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante, Alicante.
- Moscardó, E. (2008). El poblamiento rural romano en el territorio norte de "Dianium". La comarca de La Safor-Valldigna (Valencia). *Saguntum*, 40: 177-192.
- Mulholland, S.C. y Rapp Jr.G. (1992): A morphological classification of grass silica-bodies. En Rapp Jr.G. y Mulholland, S.C. (eds.): *Phytolith Systematics, Emerging Issues, Advances in Archaeological and Museum Science*. Plenum Press, New York: 65-89.
- Netting, R.McC. (1993): *Smallholders, householders: farm families and the ecology of intensive, sustainable agriculture*. Stanford University Press, Stanford.
- Neumann, K., Strömberg, A.E.C., Ball, T., Albert, R.M., Vrydaghs, L. y Scott-Cummings, L. (International Committee for Phytolith Taxonomy ICPT) (2019): International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0. *Annals of Botany* 124 (2): 189-199.
- Olcina, M. y Ximénez, T. (2012): Arqueología romana y mundo tardoantiguo. *MARQ, arqueología y museos*, Extra 5 (Ejemplar dedicado a II Jornadas de arqueología y patrimonio alicantino. Arqueología en Alicante en la primera década del siglo XXI). Diputación Provincial de Alicante, Alicante: 109-127.

- Opitz, R. y Cowley, D. (eds.) (2013): *Interpreting archaeological topography: Lasers, 3D data, observation, visualisation and applications*. Oxbow Books, Oxford.
- Olsen, S.R., Cole, C.V. y Watanabe, F.S. (1954): *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*. U.S. Dept. of Agriculture, Washington, D.C.
- Ortega, J. R. (1997): Aportación al estudio del poblamiento romano en el entorno de *Lucentum* (Alicante). XIV CNA, Cartagena: 467-474.
- Ortega, J. R. y Esquembre, M.A. (2003): La villa romana de Casa Ferrer I (Alicante), su organización y evolución: un ejemplo singular de villa rústica en tierras alicantinas. *Canelobre*, 48: 192-203.
- Palahí, Ll. (2010): La romanització al nord-est peninsular i els orígens de la vil·la. En AA.VV.: *Time of changes. In the beginning of the Romanization*, Universitat de Girona, Girona: 61-87.
- Pasquinucci, M. y Menichetti, S. (2017): Rural, Urban and Suburban Communities and Their Economic Interconnectivity in Coastal North Etruria (2nd Century BC–2nd Century AD). *The Economic Integration of Roman Italy*. Brill, Leiden: 322-341.
- Peña, Y. (2010): Torcularia. *La producción de vino y aceite en Hispania. Anexo. Catálogo de yacimientos analizados*. Institut Català d'Arqueologia Clàssica, Tarragona.
- Peña-Chocarro, L. Pérez-Jordà, G., Alonso, N., Antolín, F., Teira-Brión, A., Tereso, J., Montes, E.M. y López, D. (2019): Roman and medieval crops in the Iberian Peninsula: A first overview of seeds and fruits from archaeological sites. *Quaternary International*, 499: 49-66.
- Pérez Amorós, L. (2018-19): La villa romana de Casas del Campo (Villena, Alicante). Síntesis de las campañas de excavación arqueológica. *Bilyana*, 3: 22-40.
- Pérez Jordà, G., Carrión, Y., Sabato, D. e Iborra, M.P. (2021): Bosques y campos: el aprovechamiento de los recursos vegetales y animales en un entorno de montaña. En Grau, I. y Segura, J.M. (eds.): *El Cabeço de Mariola (Alfafara-Bocairent): de la formación del oppidum a la dominación romana (ss. IX-I a.n.e.)*. Museu Arqueològic d'Alcoi, Alcoi: 211-236.
- Piperno, D.R. (2006): *Phytoliths: A comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*. AltaMira Press, Lanham.
- Planchais, N. (1972): Apport de l'analyse pollinique à la connaissance de l'extension de la vigne au Quaternaire. *Naturalia Monspeliensa, série Botanique*, 23/24: 211-223.
- Poquet, F. (2020): *L'assentament del Rabat (Rafelcofer, València) i el paisatge protohistòric de la Safor*. Universidad de Alicante (TFM inédito).
- Portillo, M. y Matthews, W. (2020): Investigating use of space and human-animal interactions in agricultural built environments: the geo-ethnoarchaeology of livestock dung. *Proceedings of the 11th International Congress on the Archaeology of the Ancient Near East*. Harrassowitz Verlag, Wiesbaden: 497-508.

- Portillo, M., Belarte, M.C., Ramon, J., Kallala, N., Sanmartí, J. y Albert, R.M. (2017): An ethnoarchaeological study of livestock dung fuels from cooking installations in northern Tunisia. *Quaternary International*, 431: 131-144.
- Portillo, M., Dudgeon, K., Allistone, G., Raeuf Aziz, K. y Matthews, W. (2020a): The taphonomy of plant and livestock dung microfossils: an ethnoarchaeological and experimental approach. *Environmental Archaeology*, 26: 439-454.
- Portillo, M., Kadowaki, S., Nishiaki, Y. y Albert, R.M. (2014): Early Neolithic household behavior at Tell Seker al-Aheimar (Upper Khabur, Syria): a comparison to ethnoarchaeological study of phytoliths and dung spherulites. *Journal of Archaeological Science*, 42: 107-118.
- Portillo, M., Morales, J., Carrión Marco, J., Aouadi, N., Lucarini, G., Belhouchet, L., Coppa, A. y Peña-Chocarro, L. (2020b): Changing plant-based subsistence practices among early and middle Holocene communities in eastern Maghreb. *Environmental Archaeology*, 26, 455-470.
- Poveda, A.M. (2011-12): Producción de aceite y vino en el interior del valle del Vinalopó (Alicante) en época romana. En Noguera, J.M. y Antolinos, J.A. (eds.): *De vino et oleo Hispaniae. Áreas de producción y procesos tecnológicos del vino y el aceite en la Hispania romana. Coloquio Internacional. Anales de prehistoria y arqueología*, 27-28: 283-292.
- Poveda, A.M. (2008): Las villae romanas del sur de Hispania Tarraconense (ss. II a.C.-III d.C.). Las tierras de Murcia y Alicante. En Revilla, V., González, J. R. y Prevosti, M. (eds.): *Actes del Simposi: Les vil·les romanes a la Tarraconense*, vol. I. Museo de Arqueología de Cataluña, Barcelona: 259-279.
- Prevosti, M. (1981): *Cronologia I poblament a l'àrea rural d'Iluro*, Ed. Rafael Dalmau, Barcelona.
- Puerta, C. y Rodríguez, M. (1987): Una indústria urbana de producció de vi a Baetulo (Badalona). En AA.VV.: *El vi a l'antiguitat. Economia, producció i comerç al Mediterrani occidental*. Museu de Badalona, Badalona: 183-188.
- Punt, W., Marks, A. y Hoen, P.P. (2003): The Northwest European Pollen Flora, 64. Vitaceae. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 123: 67-70.
- Quirós, J.A. y Nicosia, C. (2019): Reconstructing past terraced agrarian landscapes in the Ebro valley: The deserted village of Torrentejo in the Basque Country, Spain. *Geoarchaeology*, 34: 684-697.
- Quirós, J.A., Nicosia, C., Polo-Díaz, A. y Ruiz del Árbol, M. (2014): Agrarian archaeology in northern Iberia: Geoarchaeology and early medieval land use. *Agrarian Archaeology in Early Medieval Europe*, 346: 56-68.
- Reddé, M. (2017): *Gallia Rustica: Les campagnes du nord-est de la Gaule, de la fin de l'âge du Fer à l'Antiquité tardive*, Volume 1. AUSONIUS, Maison de l'Archéologie, Université Bordeaux Montaigne.
- Reille, M., 1992. *Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marsella.



- Reille, M., 1995. *Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Supplement 1. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marsella.
- Remesal, J. (2008). La villa como sistema económico. En Revilla, V., González, J.R. y Prevosti, M. (eds.): *Actes del Simposi: Les vil·les romanes a la Tarraconense*. vol. 1. Museo de Arqueología de Cataluña, Barcelona: 49-55.
- Rentzel, P., Nicosia, C., Gebhardt, A., Brönnimann, D., Pümpin, C. y Ismail-Meyer, K. (2017): Trampling, Poaching and the Effect of Traffic. En Nicosia, C. y Stoops, G. (eds.): *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*. John Wiley & Sons, Ltd: 281-297.
- Revilla, V. (2004): El poblamiento rural en el noreste de Hispania entre los siglos II a.C. y I d.C.: organización y dinámicas culturales y socioeconómicas. En Moret, P. y Chapa, T. (eds.): *Torres, atalayas y casas fortificadas. Explotación y control del territorio en Hispania (s. III a. de C. - s. I d. de C.)*. Universidad de Jaén, Jaén: 175-201.
- Ribera, A. y Bolufer, J. (2000): La romanización en la comarca de La Vall d'Albaida (València). En Oliveira, V. (coord.): *3º Congresso de Arqueologia Peninsular: UTAD, Vol. 6, 2000*. ADECAP (Arqueologia da antiguidade na Península Ibérica), Vila Real: 197-214
- Ribera, A., Bolufer, J. y Hortelano, I. (2011-12): Algunas evidencias de la producción de vino y aceite en época romana en la comarca de la Vall d'Albaida (Valencia). En Noguera, J.M. y Antolinos, J.A. (eds.): *De vino et oleo Hispaniae. Áreas de producción y procesos tecnológicos del vino y el aceite en la Hispania romana. Coloquio Internacional. Anales de prehistoria y arqueología*, 27-28: 261-272.
- Robinson, G.W. (1922): A new method for the mechanical analysis of soils and other dispersions. *The Journal of Agricultural Science*, 12: 306-321.
- Rodríguez, F.G. (1999): Vestigios de la explotación del vino en la Villa romana de Torre Águila (Montijo, Badajoz). En AA.VV.: *El vino en la antigüedad romana: Simposio de arqueología del vino. Jerez, 1996*, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid: 263-270.
- Rondán-Sevilla, R. (2022): *Investigación histórica no invasiva de los establecimientos rurales romanos en el litoral meridional hispano*, Tesis doctoral inédita, Universidad de Cádiz, Cádiz.
- Rondán-Sevilla, I. (2023): Investigación no invasiva de la producción: la aplicación GPR al caso del conchero de Torregarcía, López Medina, M.J. (ed.), *Torregarcía, purpura y agua: historia y arqueología de una officina purpuraria en el litoral almeriense (España)*, B.A.R. International Series, Oxford: 150-170.
- Rosen, A.M. (1992): Preliminary identification of silica skeletons from Near Eastern archaeological sites: an anatomical approach. En Rapp, Jr.G. y Mullholland, S.C. (eds.): *Phytolith Systematics*. Plenum Press, New York: 129-148.
- Rosser, P. (1990): Nuevos descubrimientos arqueológicos en el término municipal de Alicante. En Moreno, F. (dir.): *Historia de la ciudad de Alicante. Edad Antigua*. Ayuntamiento de Alicante, Alicante: 189-286.

- Rueda, C., Herranz, A., Bellón, J.P., Gutiérrez Rodríguez, M., Lechuga, M.A., Moreno, M.I., Portillo, M., Alba, F., Abel-Schaad, D. y Martín-Peinado, F.J. (2021): Interdisciplinary methodology for the characterisation of a temporary paleo-wetland in loma de Úbeda (Jaén, Spain). *Inland Waters*, 11: 556-568.
- Ruiz del Árbol, M. (2006): *La arqueología de los espacios cultivados: terrazas y su explotación agraria romana en un área de montaña: la Sierra de Francia (Salamanca)*. CSIC, Instituto de Historia, Madrid.
- Ruiz, D. y Marcos, A. (2006): La Jovada I y II (2005). *Actuaciones arqueológicas en la provincia de Alicante. 2005*, Cd-Rom editado por el CDL Alicante, Alicante.
- Ruiz, M., Rondán-Sevilla, I., Catalán, J., Lagóstena, L. y Remesal, L. (2022): Lectura de Arva desde la investigación no invasiva de la urbs y el suburbium. En *Small Towns, una realidad urbana en la Hispania Romana*, vol. 2, MYTRA: 459-467.
- Sánchez-Palencia, F.J. y Currás, B.X. (2021): Arqueología de los espacios agrarios en las zonas mineras romanas del noreste de Lusitania. La Sierra de la Peña de Francia (Salamanca). En Mayoral, V., Grau, I. y Bellón, J.P. (coord.): *Arqueología y sociedad de los espacios agrarios: en busca de la gente invisible a través de la materialidad del paisaje. Anejos de Archivo Español de Arqueología*, 91. CSIC, Madrid: 79-92.
- Sánchez Priego, J.A., Bravo, E.M., Madaria, J.L. (2015): Historia de la Vía Augusta en la Foia de Manuel (La Font de la Figuera, Valencia). De asentamiento prehistórico a calzada imperial romana. Adif-AV, Valencia: 50-60.
- Sarabia-Bautista, J. y Grau, I. (2020): Paisajes y prácticas campesinas en la Vall de Perputxent (Alicante): Canèssia, de alquería islámica a despoblado morisco". En Quirós, J.A. (ed.): *Archaeology and History of peasantries 1. From the Late Prehistory to the Middle Ages*. Universidad de la País Vasco, Serie: Documentos de Arqueología Medieval, 14: 183-202.
- Schwandes, L.P. y Collins, M.E. (1994): Distribution and significance of freshwater sponge spicules in selected Florida soils. *Transactions of the American Microscopical Society*, 113: 242-257.
- Scollar, A., Tabbagh, A., Hesse, A. y Herzog, I. (1991): *Archaeological Prospecting and Remote Sensing: Topics in Remote Sensing*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Serra, L., Oltra, J.E., Conca, A., Soler, J.X. y Nebot, J.R. (2012): Catálogo de la flora del Parque Natural de la Sierra de Mariola (Alicante-Valencia). *Flora Montiberica*, 51: 97-125.
- Stek, T. (2009): *Cult places and cultural change in Republican Italy. A contextual approach to religious aspects of rural society after the Roman conquest*. Amsterdam Archaeological Series 14, Amsterdam University Press: Amsterdam.
- Stoops, G. (2003): *Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections*. Soil Science Society of America Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Stoops, G., Marcelino, V. y Mees, F. (eds.) (2010): *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*. Elsevier, Amsterdam.

- Tarpin, M. (2019): La place des castella dans l'organisation territoriale des cités de l'Occident romain. En Ortiz de Urbina, E. (ed.): *MEMORIA CIVITATVM. Ciudadanía, Ciudad y Comunidad Cívica en Hispania*. Sevilla: 287-301.
- Terral, J.F., Tabard, E., Bouby, L., Ivorra, S., Pastor, T., Figueiral, I., Picq, S., Chevance, J.B., Jung, C., Fabre, L., Tardy, C., Compan, M., Bacilieri, R., Lacombe, T. y This, P. (2010): Evolution and history of grapevine (*Vitis vinifera*) under domestication: new morphometric perspectives to understand seed domestication syndrome and reveal origins of ancient European cultivars. *Annals of Botany*, 105: 443-455.
- Terrenato, N. (2007): The essential countryside: farms, villages, sanctuaries, tombs. En Alcock, S. y Osborne, R. (eds.): *Classical Archaeology*. Blackwell, Londres: 139-161.
- Tietz, W. (2020): *Temporary Workforce in the Roman Villa*. En Marzano, A. (ed.): *Villas, Peasant Agriculture, and the Roman Rural Economy (panel 3.15)*, *Archaeology and Economy in the Ancient World*, 17. Propylaeum, Heidelberg: 7-13.
- Tol, G., de Haas, T. y Anastasia, C. (2019): Il ruolo dei centri minori nell'economia romana: una panoramica dei risultati delle indagini archeologiche nei siti di Forum Appii ed Ad Medias. En Fischetti, A.L. y Attema, P. (eds.): *Alle pendici dei Colli Albani: dinamiche insediative e cultura materiale ai confini con Roma*. Barkhuis Publishing, Groningen: 29-42.
- Tsartsidou, G., Lev-Yadun, S., Albert, R., Rosen, A.M., Efstratiou, N. y Weiner, S. (2007): The phytolith archaeological record: strengths and weaknesses evaluated based on a quantitative modern reference collection from Greece. *Journal of Archaeological Science*, 34, 1262-1275.
- Turner, S.D. y Brown, A.G. (2004): *Vitis* pollen dispersal in and from organic vineyards I. Pollen trap and soil pollen data. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 129: 117-132.
- Twiss, P.C. (1992): Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. En Rapp Jr., S., Mulholland, C. (eds.): *Phytolith Systematics: Emerging Issues*, Advances in Archaeological and Geomorphological Science. Plenum Press, New York: 113-128.
- Twiss, P.C., Suess, E. y Smith, R.M. (1969): Morphological classification of grass phytoliths. *Soil Science Society of America Proceedings*, 33: 109-115.
- Tyurin, I.V. (1951): Analytical procedure for a comparative study of soil humus. *Trudy Pochv. Inst. Dokuchayeva*, 38: 5-9.
- U.S. EPA (1998): *Field portable x-ray fluorescence spectrometry for the determination of elemental concentrations in soil and sediment. Method 6200*.
- U.S. EPA (2006): *XRF technologies for measuring trace elements in soil and sediment. NitonXLt 700 series XRF analyzer. Innovative technology verification report EPA/540/R-06/004*.
- Van Limberger, D., Monsieur, P. y Vermeulen, F. (2017): The Role of Overseas Export and Local Consumption Demand in the Development of Viticulture in Central-Adriatic Italy (200 BC–AD 150). The Case of the Ager Potentinus and

- the Wider Potenza Valley. *The Economic Integration of Roman Italy*. Brill, Leiden: 342-366.
- Vermeulen, F., Carboni, F., Dralans, S. y Van den Bergh, D. (2017): *Revealing a Roman landscape. Potentia and the Potenza valley between the Apennines and the Adriatic Sea*. Ante Quem, Bologna.
- Verrecchia, E.P. y Trombino, L. (2021): *Visual atlas for soil micromorphologists*. Springer, Cham.
- Verrecchia, E.P. y Verrecchia, K.E. (1994): Needle-fiber Calcite: A Critical Review and a Proposed Classification. *Journal of Sedimentary Research*, 64A: 650-664.
- Vidal, R. (2019): El jaciment romà de les Hortes de Xaló. En AA.VV.: *Actes 6é Congrès d'Estudis de la Marina Alta, I*. Institut d'Estudis Comarcals de la Marina Alta, Ondara: 119-134.
- Vidal, R. y Ortolà, M. (2010): El forn terrisser romà de l'avinguda de les Hortes de Xaló. En AA.VV.: *La memòria del nostre passat*. Ajuntament de Xaló, Xaló: 39-52.
- Vives-Ferrándiz, J., Carrión, Y., Ferrer, C., García, P., López, D., Pérez-Jordà, G. y Valero, A. (2021): Bancales de la Edad del Hierro en el sureste de la península ibérica: El Ramblar (La Font de la Figuera, Valencia). En Mayoral, V., Grau, I., Bellón J.P. (eds.): *Arqueología y sociedad de los espacios agrarios: en busca de la gente invisible a través de la materialidad del paisaje*. CSIC: Anejos de AEspA XCI, Madrid: 167-184.
- Waagen, J. (2014): Evaluating background noise: Assessing off-site data from field surveys around the Italic sanctuary of S. Giovanni in Galdo, Molise, Italy. *Journal of Field Archaeology*, 39 (4): 417-429.
- Welc, F., Lipovac Vrkljan, G., Konestra, A., Rosić, T. (2017): Remote sensing of a Roman pottery workshop. Report on a geophysical survey carried out in Crikvenica (ancient ad Turres, Croatia). *Studia Quaternaria*, 34 (2): 119-130.
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag, New York.
- Wilding L.P. y Drees L.R. (1971): Biogenic opal in Ohio soils. *Proceedings of the Soil Science Society of America*, 35: 1004-1010.
- Zaksek, K., Oštir, K. y Kokalj, Z. (2011): Sky-View Factor as a Relief Visualization Technique. *Remote Sens*, 3 (2): 398-415.
- Zohary, D. (1995): The domestication of the grapevine *Vitis vinifera* L. in the Near East. En Mc Govern, P.E., Fleming, S.J. y Katz, S.H. (eds.): *The Origins and Ancient History of Wine*. Gordon & Breach, Luxemburg: 23-30.
- Zohary, D., Hopf, M. y Weiss, E. (2012): *Domestication of plants in the Old World*. Oxford University Press, Oxford.