

ESTUDIO MINERALÓGICO DE LAS SECCIONES DE QUIBAS-CUEVA Y QUIBAS-SIMA (YACIMIENTO DE QUIBAS, ABANILLA, MURCIA)

Del Castillo Sobrinos, Elia

Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología, Universidad de Murcia

Alías Linares, María Asunción

Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología, Universidad de Murcia

Laborda-López, Casto

Departamento de Geología (Unidad Asociada al IACT-CSIC), Universidad de Jaén

Agustí, Jordi

ICREA, Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats

Piñero, Pedro

IPHES-CERCA, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social

Resumen

El yacimiento paleontológico de Quibas (Abanilla, Murcia), con una edad comprendida entre 1,1 y 0,9 Ma (Pleistoceno Inferior), se revela como la única secuencia continua de vertebrados terrestres de edad pre-Jaramillo a Jaramillo de Europa. Este afloramiento está formado por dos estructuras: Quibas-Sima (dividida en las unidades QS-1 a QS-7) y Quibas-Cueva (QC-1 a QC-6). En este trabajo se estudia la composición mineralógica de los sedimentos que conforman las unidades estratigráficas de ambas estructuras con el objeto de estudiar la relación entre ellas. Asimismo, se pretende valorar la consistencia de las distintas unidades que se establecieron mediante observaciones macroscópicas. Por último, se analizan las posibles implicaciones paleoclimáticas a lo largo de la secuencia de Quibas-Sima.

Palabras clave: yacimiento de Quibas, Pleistoceno Inferior, composición mineralógica, paleoclimatología, correlación estratigráfica, difracción de rayos X.

Abstract

The paleontological site of Quibas (Abanilla, Murcia), with an estimated age between 1.1 and 0.9 Ma (Early Pleistocene), is revealed as the first continuous pre-Jaramillo to Jaramillo terrestrial vertebrate succession from Europe. This outcrop is composed of two structures: Quibas-Sima (divided into units QS-1 to QS-7) and Quibas-Cueva (QC-1 to QC-6). In this work, the mineralogical composition of the sediments forming the stratigraphic units of both structures is analyzed in order to study the relationship between them. The consistency of the different units established by macroscopic observations is also evaluated. Finally, the possible paleoclimatic implications along the Quibas-Sima sequence are discussed.

Keywords: Quibas site, Early Pleistocene, mineralogical composition, paleoclimatology, stratigraphic correlation, X-ray diffraction.

1. INTRODUCCIÓN

El yacimiento paleontológico de Quibas (Abanilla, Murcia), con una edad comprendida entre 1,1 y 0,9 Ma (Pleistoceno Inferior), se revela como la única secuencia continua de vertebrados terrestres de edad pre-Jaramillo a Jaramillo de Europa (Piñero *et al.* 2020, 2022). Este particular enclave ofrece una oportunidad única para avanzar en el conocimiento sobre el contexto paleoambiental y faunístico de este lapso de tiempo, una cronología intermedia entre Fuente Nueva 3 y Cueva Victoria (Piñero *et al.* 2020, 2022). Precisamente, este intervalo temporal es el preludio de la transición del Pleistoceno Inferior al Medio, marcado por grandes cambios en la ciclicidad climática de la Tierra. En este contexto, la información obtenida por el estudio de

este yacimiento supone una importante contribución para la comprensión de los acontecimientos climáticos y faunísticos que tuvieron lugar al principio de la transición del Pleistoceno Inferior-Medio en la península ibérica. Además, contribuye a esclarecer el contexto ecológico de los primeros humanos que se asientan en Europa Occidental. El yacimiento paleontológico de Quibas ha producido desde su descubrimiento en 1994 restos fósiles de más de 80 especies de vertebrados e invertebrados de la parte alta del Pleistoceno Inferior, incluyendo grandes y pequeños mamíferos, aves, reptiles, anfibios y aves (Piñero *et al.* 2020, 2022 y sus referencias).

El yacimiento está formado por un complejo de galerías kársticas que en la actualidad aparecen colmatadas, principalmente de materiales detríticos cuaternarios del Pleistoceno Inferior. Dichos materiales constituyen un importante relleno formado a lo largo de sucesivas fases. Este yacimiento está ubicado en las inmediaciones de la pedanía de la Cañada de la Leña, en la vertiente SE de la Sierra de Quibas. El conjunto ha sido exhumado por la construcción de una cantera para la extracción de falsa ágata, que en la actualidad se encuentra abandonada. Esto permite observar una sección importante de las cavidades, así como las características de los depósitos presentes en ellas. El complejo consta de dos estructuras principales: Quibas-Sima y Quibas-Cueva (Fig. 1A). Quibas-Sima comprende siete unidades detríticas distintas (QS-1 a QS-7). QS-1 tiene una edad de entre 1,1 y 1,07 Ma, QS-2 a QS-5 abarcan una cronología de entre 1,07 y 0,99 Ma (subcrón Jaramillo), mientras que QS-6 y QS-7 tienen una edad de entre 0,99 y 0,9 Ma. Los niveles que han ofrecido restos de grandes y pequeños vertebrados han sido los más bajos (QS-1 a QS-4) (Piñero *et al.* 2020). En Quibas-Cueva se han distinguido seis niveles distintos (QC-1 a QC-6) (Fig. 1B). Las unidades más basales son equivalentes en edad a QS-1 (1,1 – 1,07 Ma). Observaciones estratigráficas parecen indicar que el nivel más alto de Quibas-Cueva (QC-6) representa una extensión del nivel QS-2/QS-3 de la Sima (Fig. 1A).



Fig. 1. Perfiles estratigráficos del yacimiento de Quibas. A) Fotografía del yacimiento de Quibas durante la campaña de excavación de 2019 donde se puede observar la correlación entre Quibas-Cueva y Quibas-Sima. B) Perfil estratigráfico de Quibas-Cueva. Los números romanos hacen referencia a los niveles propuestos por Montoya *et al.* (1999).

Este trabajo se ha centrado en el estudio de la relación entre las dos estructuras principales del yacimiento de Quibas. Se han realizado análisis de la composición mineralógica (difracción de rayos X, cromatografía

iónica, espectrometría ICP-OES) de los distintos niveles que conforman las dos secciones persiguiendo los siguientes objetivos:

- Valorar la consistencia de las distintas unidades estratigráficas previamente establecidas por observaciones macroscópicas.
- Estudiar la correlación entre Quibas-Sima y Quibas-Cueva. Todo apunta a que los niveles QS-2 y QS-3 de Quibas-Sima se extienden lateralmente para pasar a QC-6 en Quibas-Cueva.
- Analizar posibles implicaciones paleoclimáticas a lo largo de la secuencia de Quibas-Sima.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

A principios de 2022 se llevó a cabo la recogida de muestras del yacimiento de Quibas para la realización de análisis de la composición mineralógica. Se extrajo un total de 23 muestras procedentes de las distintas unidades que conforman las dos estructuras del yacimiento: 14 muestras de Quibas-Sima y 9 muestras de Quibas-Cueva. Cada una de estas muestras se sometió a distintos análisis para determinar su composición mineralógica: análisis de difracción de rayos X, análisis de conductividad eléctrica, cromatografía iónica y espectrometría de emisión óptica por plasma de argón.

La difracción de rayos X (DRX) es una técnica analítica versátil que nos permite la caracterización de materiales que cumplen con la condición de tener una estructura cristalina, ofreciendo el análisis e identificación de los sólidos cristalinos de estos. La difracción se produce en un conjunto de átomos de arreglo ordenado, a través de la interacción de los rayos X con los sólidos cristalinos y es ante todo una dispersión coherente. En este caso, para realizar el análisis de DRX, se utilizó el Difractómetro de rayos X de polvo «Bruker D8 advance», proporcionado por el Centro de Servicio de Apoyo a la Investigación Tecnológica (SAIT) de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT). Las muestras para el análisis de la DRX deben estar presentadas en forma de polvo (tamaño de partícula < 50 μm). Para ello se tomaron 20 g de muestra molida fina. Esta muestra se molió con un mortero de ágata y se tamizó con un tamiz de 50 μm de luz de malla, hasta conseguir una cantidad de 1,5 g. Por último, los difractogramas obtenidos se trabajaron con el Software XPower 2004_04_70 PRO con el que se identificaron las fases cristalinas presentes en las muestras a través de su comparación con los difractogramas de minerales de la base de datos.

La conductividad eléctrica (CE) es una medida indirecta basada en que la velocidad con que la corriente eléctrica atraviesa una solución salina es proporcional a la concentración de sales en solución. Para el análisis de conductividad eléctrica, se preparó una suspensión de cada muestra con relación 1:5 (20 g de muestra molida fina y 100 mL de agua destilada). Tras pasar 2 horas, la muestra se filtró para eliminar cualquier contenido de materia orgánica utilizando los filtros «Standarfilterpaper.Plane.Ø 90 mm». Una vez terminado el proceso de filtración, se colocaron las soluciones finales en duquesas esterilizadas y se llevaron al conductímetro GLPA 31* para la recopilación de datos. A aquellas muestras que superaron un valor de 4 dS m^{-1} se les sometió a análisis para determinar sus cationes y aniones, ya que un alto valor de conductividad eléctrica es indicativo de un gran contenido en sales.

La cromatografía iónica (CI) se basa en la separación de sustancias por su diferente migración en una columna de intercambio iónico o a través de una lámina impregnada con un intercambiador iónico. La técnica de CI se utilizó para determinar el contenido de aniones de aquellas muestras con una conductividad superior o igual a 4 dSm^{-1} , a través del cromatógrafo iónico Dionex modelo ICS-2100, disponible en el Servicio Universitario de Instrumentación Científica (SUIC) ubicado en el edificio SACE, en el Campus de Espinardo de la Universidad de Murcia. Para el análisis de CI se utilizaron las disoluciones preparadas para el análisis de conductividad eléctrica.

La espectrometría de emisión óptica por plasma de Argón (ICP-OES) es una técnica basada en un plasma altamente energético y eléctricamente neutro conformado por iones, electrones y partícula neutra, normalmente Argón, que adquiere la energía de un campo electromagnético de alta frecuencia o de corriente continua, pudiendo alcanzar una temperatura de hasta 8.000 $^{\circ}\text{K}$ (7726,85 $^{\circ}\text{C}$). La técnica ICP-OES se utilizó para la cuantificación de los cationes en aquellas muestras con una conductividad superior o igual a 4 dSm^{-1} (en este caso fueron las muestras QS-5 Techo, QS-5 Base, QS-4 Techo, QS-4 Base y QS-1.2 Nivel oscuro). Dicho instrumento se encuentra también en el SUIC ubicado en el edificio SACE en el Campus de Espinardo (Universidad de Murcia).

3. RESULTADOS

3.1. Difracción de Rayos X

La DRX nos va a mostrar el contenido de minerales que presentan las dos estructuras del yacimiento de Quibas: Quibas-Sima (Tabla 1) y Quibas-Cueva (Tabla 2). Comentar que dicha técnica presenta un valor de error de $\pm 5\%$. Los valores inferiores al 5% corresponden a trazas. Es probable que los minerales de yeso y halita no sean muy cristalinos, lo que dificultaría su detección por DRX.

RESULTADOS DRX QUIBAS-SIMA									
N.º	Muestra	CA %	Q %	DO %	MU %	CL %	AR %	Y %	HA %
1	QS-6	31,4	37,8	12,3	3,7	4,7	10,6	-	-
2	QS-5 Techo	62,3	15,3	17,8	1,3	2	-	0,7	0,6
3	QS-5 Base	36	20,3	36,9	3,3	2,3	0,8	0,8	0,5
4	QS-4 Techo	69	8,7	18	1,4	-	-	0,8	1,9
5	QS-4 Base	70	8,7	17	0,5	1,4	1,4	0,5	0,8
6	QS-3	47,5	7,5	43,1	1	-	1	-	-
7	QS-2/3	57,5	11,8	30,3	1,1	2,2	-	-	-
8	QS-2.2	45,1	8,8	44,2	0,9	-	0,9	-	-
9	QS-1.3	56,6	14,4	24,5	1,9	1,6	0,9	-	-
10	QS-1.2	46,1	15,1	34,9	1	1,9	1	-	-
11	QS-1.2 Oscuro	27	17,1	49,2	1	2	0,9	2	0,8
12	QS-1.1 Techo	64	19	11,8	1,3	2,6	1,3	-	-
13	QS-1.1 Oscuro	20,4	29,2	44,1	2,1	3,1	1	-	-
14	QS-1.1 Base	48,1	11,7	36	1	1	2,2	-	-

Tabla 1. Resultados DRX en la estructura Quibas-Sima. Abreviaciones: CA, calcita; Q, cuarzo; DO, dolomita; MU, moscovita; CL, clinocloro; AR, aragonito; Y, yeso; HA, halita.

RESULTADOS DRX QUIBAS-CUEVA									
N.º	Muestra	CA %	Q %	DO %	MU %	CL %	AR %	Y %	HA %
15	QC-6 Techo	58,9	13,5	22,9	1,2	2,4	1	-	-
16	QC-6 Base	67	17,8	9,7	1,4	2,7	1,4	-	-
17	QC-5 Techo	66,1	12,8	17,4	1,4	1	1,4	-	-
18	QC-5 Base	48	28,8	17,4	2,1	3,3	0,5	-	-
19	QC-4	31,4	32,3	24,7	3,6	4,5	3,6	-	-
20	QC-3	40,1	18,8	35	1,4	3	1,7	-	-
21	QC-2	30,2	11,9	55,2	0,6	1,8	0,3	-	-
22	QC-1.2	48,6	16,6	31,4	0,1	2,2	1	-	-
23	QC-1.1	48	18,7	27,3	1	2	3,1	-	-

Tabla 2. Resultados DRX en la estructura Quibas-Cueva. Abreviaciones: CA, calcita; Q, cuarzo; DO, dolomita; MU, moscovita; CL, clinocloro; AR, aragonito; Y, yeso; HA, halita.

3.2. Análisis de Conductividad Eléctrica, Cromatografía Iónica y Espectrometría de Emisión Óptica por Plasma de Argón

La conductividad eléctrica ha permitido indicar el grado de salinidad que contienen los niveles estudiados. Se ha considerado que las muestras que superan el valor de 4 dS m^{-1} comienzan a presentar un contenido en

sales notable. Los resultados indican que la estructura de Quibas-Sima presenta mayor contenido en sales que la estructura de Quibas-Cueva. Los niveles QS-5 Techo, QS-5 Base, QS-4 Techo, QS-4 Base y QS-1.2 Nivel oscuro, presentan valores muy altos de salinidad, por lo que se procedió a determinar su contenido de aniones y cationes.

La técnica de cromatografía iónica ha permitido obtener los valores de cloruro, nitrato y sulfato presentes en los niveles seleccionados (Tabla 3). Por su parte, la técnica de ICP-OES muestra el contenido de cationes presentes en estos mismos niveles (Tabla 4).

RESULTADOS ANIONES				
Número	Muestra	Cloruro (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Sulfato (mg/L)
2	QS-5 Techo	1.384,62	26,13	210,49
3	QS-5 Base	1.749,71	30,49	385,56
4	QS-4 Techo	69,99	946,80	15,42
5	QS-4 Base	1.922,50	42,13	221,82
11	QS-1.1 Nivel oscuro	212,75	242,50	166,39

Tabla 3. Resultado de aniones de las muestras con un valor de CE ≥ 4 dS m⁻¹.

RESULTADOS CATIONES			
Número	Muestra	Calcio (mg/L)	Sodio (mg/L)
2	QS-5 Techo	119,79	402,27
3	QS-5 Base	118,02	668,04
4	QS-4 Techo	143,04	974,51
5	QS-4 Base	112,70	650,05
11	QS-1.2 Nivel oscuro	226,61	554,98

Tabla 4. Resultado de cationes de las muestras con un valor de CE ≥ 4 dS m⁻¹.

4. DISCUSIÓN

4.1. Consistencia de las unidades estratigráficas

Las observaciones macroscópicas realizadas en el campo con anterioridad (en 2014) permitieron dividir de forma preliminar la secuencia de Quibas-Cueva en seis unidades distintas (QC-1 a QC-6), mientras que la secuencia de Quibas-Sima se dividió en siete unidades (QS-1 a QS-7). Sin embargo, la consistencia de las unidades QS-2 y QS-3 se ha puesto en duda tras posteriores observaciones.

Las muestras procedentes de QS-2, QS-2/3 y QS-3 tienen unas proporciones mineralógicas muy similares de calcita, cuarzo, dolomita y moscovita, lo que nos indica que sedimentológicamente son indistinguibles. Esto sugiere efectivamente que se deberían agrupar en una única unidad estratigráfica. Si esto lo unimos al hecho de que, a partir de la campaña de excavación 2019 se observó que QS-2 y QS-3 estaban espacialmente relacionados y eran macroscópicamente homogéneos, podemos considerar a estos niveles preliminares como una única unidad. A partir de ahora la llamaremos unidad QS-2/3.

Por otra parte, las proporciones de calcita, cuarzo y dolomita de la base y el techo de QS-4 son similares entre sí, y distintas a las de las unidades superiores e inferiores. Esto nos confirma que QS-4 es una única unidad estratigráfica, tal y como se observa a simple vista. Por su parte, la mineralogía de la matriz de QS-5 indica diferencias en la proporción de calcita y dolomita entre la base y el techo, aunque la proporción de cuarzo es similar. La mayor proporción de calcita en la parte alta se debe a que el techo de QS-5 ha sido calcificado, aumentando la proporción de carbonato cálcico durante la formación del caliche que sella esta unidad. Sin

embargo, macroscópicamente no se observan diferencias entre la base y el techo de la unidad, por lo que no tendría que subdividirse.

Por último, se puede observar que los dos niveles oscuros de QS-1 tienen una proporción notablemente más alta de dolomita que de calcita, al contrario de lo que ocurre en el resto de subniveles de QS-1 que no son los oscuros. Esto se puede deber al hecho de que haya más porosidad en los niveles oscuros, y por tanto más dolomitización, y es que en este caso la dolomita es secundaria, y no primaria. Es decir, es calcita dolomitizada. Simplemente ha pasado más agua por los niveles oscuros porque son más porosos.

4.2. Correlación entre Quibas-Sima y Quibas-Cueva

La división de las estructuras de Quibas-Sima y Quibas-Cueva se realizó durante las campañas de trabajo de 2014, cuando a simple vista no se observaba una conexión entre las dos estructuras. Sin embargo, a medida que se avanzó en los trabajos de excavación de Quibas-Sima, al alcanzar el nivel QS-3 tras dismantelar los niveles superiores en 2019, se pudo observar que había una continuidad entre este nivel y el nivel QC-6 (Fig. 1A) (Piñero *et al.* 2021). Es decir, todo apuntaba a que el nivel QS-2/3 se extendía lateralmente para pasar a QC-6 en Quibas-Cueva. Los análisis de composición mineralógica nos corroboran este hecho observado macroscópicamente, y es que las proporciones de calcita, cuarzo, dolomita y moscovita de las muestras tomadas del techo de QC-6 y las de QS-2, QS-3 y QS-2/3 son muy similares, como era de esperar según la hipótesis inicial. Así, los niveles de Quibas-Sima que a simple vista se correlacionan con Quibas-Cueva tienen una composición similar, un dato a favor de la continuidad estratigráfica entre las dos estructuras. En conclusión, el nivel QS-2/3 de Quibas-Sima es el mismo que QC-6 de Quibas-Cueva, una continuación lateral.

Aunque la base de QC-6 tiene algo más de cuarzo y dolomita que el techo de esta misma unidad y que las muestras de QS-2/3, no hay razón macroscópica para subdividir QC-6 (al igual que ahora no hay razón para subdividir QS-2/3). Esta ligera diferencia probablemente se deba a variaciones laterales, la base de QC-6 correspondería a la parte más distal del depósito del cono de derrubios que forma QS-2/3 a QS-7.

Por otra parte, tal y como se constata en la columna estratigráfica de Quibas-Sima (Piñero *et al.* 2022), existe un nivel de espeleotema que separa QS-1 de QS-2/3. Del mismo modo, este espeleotema se observa en Quibas-Cueva separando QC-5 de QC-6. Es aquí donde se añade otro argumento para la correlación entre las dos estructuras, y es que el techo de QS-1 (QS-1.3) y el techo de QC-5, ambos justo debajo del espeleotema, presentan una composición mineralógica muy próxima. Aunque a simple vista QC-5 es mucho más detrítico que el arcilloso QS-1.3, el sedimento fino de QC-5, es decir, la matriz, es la misma que la de QS-1.3. Son niveles que se correlacionan, lo cual se observa tanto en el hecho de que se localizan bajo un espeleotema, como en la composición mineralógica de sus matrices.

Por último, se observa que la muestra de la base de QS-1.1 se parece mineralógicamente a la de la base de Quibas-Cueva (QC-1), de igual forma que la muestra de QC-2 se asemeja a la del nivel oscuro de QS-1.2 y la de QC-3 a la de QS-1.2. En este caso, hablar de correlación sería muy especulativo, ya que no hay otras observaciones macroscópicas que lo corroboren. Es decir, tendríamos que ver a simple vista en el campo una continuidad lateral. Estas semejanzas podrían deberse simplemente a que estos sedimentos se depositaron en condiciones ambientales similares.

4.3. Evolución paleoclimática

Según los resultados de la conductividad eléctrica, los niveles QS-4 y QS-5 tienen un contenido alto en sales (≥ 4 ds/m). Así, en las muestras de estos niveles se han realizado análisis para determinar los aniones (cromatografía iónica) y los cationes (espectrometría de emisión óptica por plasma de Argón) que contienen. Los resultados indican que estas muestras contienen altos valores de los aniones cloruro y sulfato, mientras que los cationes más abundantes son el calcio y el sodio. Esto es un claro indicativo de la presencia de las sales halita (cloruro sódico) y yeso (sulfato cálcico). La presencia significativa de yesos y halitas en los niveles QS-4 y QS-5 se explica por una mayor precipitación de sales con respecto al resto de niveles, lo cual podría vincularse a períodos de aridez. De esta forma, hay evidencias para inferir que hubo un incremento de la aridez desde el nivel QS-1 al QS-5.

Esta evolución climática de la secuencia de Quibas-Sima viene también apoyada por los resultados de los análisis de difracción de rayos X. Y es que, de forma general, desde QS-2/3 hacia QS-5 hay un aumento de los carbonatos, básicamente de calcita. Generalmente se considera que los niveles carbonatados como los caliches se forman tras largos períodos de evaporación, lo cual es típico de la aridez. Tanto a techo de QS-4 como a techo de QS-5 se desarrolla un caliche. Este aumento de carbonatos en estos niveles, al igual que el aumento de sales, nos estaría indicando un incremento de la aridez en el momento de la formación de estos niveles, es decir, hace aproximadamente 1 millón de años.

Con esto, podemos concluir que, a finales del Pleistoceno Inferior, entre hace 1,1 y 1 millón de años, hubo un cambio climático en el sureste peninsular. Durante el Pleistoceno Inferior, en nuestras latitudes, los episodios glaciares se caracterizaban no tanto por una disminución de la temperatura, sino por una disminución de las precipitaciones, al contrario de lo que ocurría durante los períodos interglaciares. Así, de acuerdo a la composición mineralógica de las distintas unidades de Quibas-Sima, se constata el registro de una transición desde condiciones interglaciares más húmedas hacia condiciones glaciares más áridas en el yacimiento de Quibas, desde QS-1 hacia QS-5.

Estos resultados son totalmente coherentes con la sucesión de pequeños vertebrados identificada en Quibas-Sima (Piñero *et al.* 2020, 2022). El nivel más antiguo de la secuencia (QS-1) ha ofrecido restos de la ardilla voladora *Hylopetes* sp., un taxón asociado a hábitats boscosos. Además, en QS-1 ha aparecido también el musgano (*Neomys* sp.), un insectívoro de hábitos semiacuáticos, lo que implica la presencia de cuerpos de agua en los alrededores del yacimiento en el momento de la formación de este nivel. Además, en QC-4/5 (correlacionado con QS-1) apareció la especie de lagarto sin patas *Ophisaurus manchenioi* (Blain y Bailon 2019), un reptil cuyos parientes actuales habitan en zonas tropicales y subtropicales (su presencia en Quibas cerciora que la región de Murcia actuó como el último refugio de especies subtropicales de Europa). La identificación de estas especies en los niveles más antiguos de Quibas informa sobre el desarrollo de un hábitat forestado bajo condiciones relativamente húmedas. En QS-3 y QS-4, sin embargo, no aparece ni la ardilla voladora, ni el musgano, ni el lagarto sin patas. En cambio, se registran taxones ligados a ambientes abiertos y de matorral que previamente no aparecían en QS-1, tales como la culebra bastarda (*Malpolon monspessulanus*) y la víbora hocicuda (*Vipera latastei*). Esto evidencia pues, al igual que la composición mineralógica, el registro de un cambio climático en Quibas que va desde condiciones boscosas y húmedas en su parte más antigua (QS-1) hacia condiciones más áridas, con un mayor desarrollo de espacios abiertos de matorral hacia los niveles más recientes (QS-4) (Piñero *et al.* 2020).

Para acabar, el nivel QS-6, que es un paleosuelo, tiene más aragonito, más minerales de la arcilla (moscovita, clinocloro) y más cuarzo que el resto de niveles. Por el contrario, hay menos carbonatos (calcita y dolomita). Esto podría estar indicando un aumento de las precipitaciones. En la mineralogía se constata que QS-6 es un paleosuelo porque hay mucho aragonito. En los suelos de zonas calcáreas, la calcita no es estable y se disuelve precipitando aragonito. La mayor proporción de cuarzo se debe a que se disuelve más calcita. Al disolverse los carbonatos aumentan las proporciones tanto de cuarzo como de arcilla. Probablemente, QS-6 se corresponde a un periodo más húmedo que le sucede al momento de aridez de QS-5. Desafortunadamente, los niveles QS-5 y QS-6 no registran fósiles de vertebrados que puedan apoyar esta interpretación. Cabe mencionar que los niveles de QS-2 a QS-6 se corresponden a ambientes de cueva abierta, afectada por el ambiente exterior. Si fuesen condiciones de cueva cerrada, estas variaciones en la composición mineralógica podrían deberse a cambios en la humedad dentro de la propia cueva, sin tener que corresponderse obligatoriamente a variaciones en el régimen de precipitaciones exterior.

5. CONCLUSIONES

Los resultados indican que el nivel de Quibas-Sima QS-4 tiene unas proporciones mineralógicas distintas a las de los niveles QS-5 y QS-3, confirmando que QS-4 es una unidad diferente al resto. En cambio, la composición mineralógica de los niveles de Quibas-Sima QS-2 y QS-3 es muy similar, sugiriendo que ambos niveles se deben agrupar en una única unidad, que denominaremos a partir de ahora QS-2/3.

Por otra parte, tal y como se pudo observar directamente a medida que los trabajos de excavación progresaban, se confirma que existe una correlación entre Quibas-Sima y Quibas-Cueva, de forma que la unidad QS-6 es una continuidad de QS-2/3, mientras que el techo de QS-1 (QS-1.3) es una continuidad del nivel QC-5. Los niveles Quibas-Cueva QC-1 a QC-4 no parecen tener un equivalente en la sección de Quibas-Sima.

Por último, se observa un aumento en las proporciones de carbonatos desde QS-2/3 hacia QS-5, así como un incremento de yeso y halita, lo que sugiere una progresiva disminución de las precipitaciones en el lapso de tiempo comprendido entre 1,07 y 0,99 Ma en el sureste peninsular. Durante el Pleistoceno Inferior, en el sur de Europa las húmedas condiciones interglaciares favorecían la extensión de bosques, mientras que las fases glaciares, más áridas, implicaban la reducción de la cubierta arbórea y la expansión de matorrales y/o pastizales. Nuestros datos son por tanto consistentes con el inicio de una fase glacial, lo cual viene apoyado por la desaparición progresiva desde QS-1 hacia QS-4 de taxones afines a bosques como la ardilla, en favor de la aparición de taxones ligados a espacios abiertos como la culebra bastarda o la víbora hocicuda.

6. BIBLIOGRAFÍA

- BLAIN, H.A.; y BAILON, S. (2019). Extirpation of *Ophisaurus* (Anguimorpha, Anguillidae) in Western Europe in the context of the disappearance of subtropical ecosystems at the Early-Middle Pleistocene transition. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 520, pp. 96-113.
- MONTOYA, P.; ALBERDI, M.T.; BLÁZQUEZ, A.M.; BARBADILLO, L.J.; FUMANAL, M.A.; MADE, VAN DER J.; MARÍN, J.M.; MOLINA, A.; MORALES, J.; MURELAGA, X.; PEÑALVER, E.; ROBLES, F.; RUIZ BUSTOS, A.; SÁNCHEZ, A.; SANCHIZ, B.; SORIA, D.; y SZYNDLAR, Z. (1999). “La fauna del pleistoceno inferior de la Sierra de Quibas (Abanilla, Murcia)”. *Estudios Geológicos* 55, pp. 127-161.
- PIÑERO, P.; AGUSTÍ, J.; OMS, O.; BLAIN, H.-A.; FURIÓ, M.; LAPLANA, C.; SEVILLA, P.; ROSAS, A.; y VALLVERDÚ, J. (2020). “First continuous pre-Jaramillo to Jaramillo terrestrial vertebrate succession from Europe”. *Scientific reports* 10(1), 1-11.
- PIÑERO, P.; AGUSTÍ, J.; IANNICELLI, I.; FERNÁNDEZ RUIZ, N.; LABORDA LÓPEZ, C.; GOMARIZ, L.; TÓRTOLA, M.; SÁNCHEZ BANDERA, C.; TITTON, S.; RAMÍREZ PEDRAZA, I.; y DE JAIME, F.J. (2021). “Resultados preliminares de la intervención paleontológica de 2019 en el yacimiento de Quibas (Abanilla, Murcia)”. En *XXVII Jornadas de Patrimonio Cultural Región de Murcia*. Consejería de Turismo y Cultura de la Región de Murcia, Tres Fronteras, pp. 87-94.
- PIÑERO, P.; AGUSTÍ, J.; LABORDA, C.; DUVAL, M.; ZHAO J.-X.; BLAIN, H.-A.; FURIÓ, M.; LAPLANA, C.; ROSAS, A.; y SEVILLA, P. (2022). “Quibas-Sima: a unique 1 Ma-old vertebrate succession in southern Iberian Peninsula”. *Quaternary Science Reviews* 283, 107469.

7. AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría dar nuestro más sincero agradecimiento al Ayuntamiento de Abanilla por el apoyo económico y logístico que ha dado al equipo de trabajo del yacimiento de Quibas durante las distintas campañas de campo. Queríamos dar las gracias también al Dr. Gregorio Romero y al Servicio de Patrimonio Histórico de la Dirección General de Bienes Culturales de la Región de Murcia por su apoyo para la realización de esta investigación. Este trabajo ha sido posible en el marco de la Subvención ARQ115/2018 para la Investigación e Intervención en el Patrimonio Arqueológico y Paleontológico de la Región de Murcia (Comunidad Autónoma de la Región de Murcia), y la Fundación Palarq (Ayuda para la aplicación de metodologías y técnicas de las ciencias experimentales/analíticas en arqueo-paleontología). El Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES-CERCA) ha recibido apoyo financiero del Ministerio de Ciencia e Innovación a través del programa para Unidades de Excelencia “María de Maeztu” (CEX2019-000945-M). Este estudio ha sido también apoyado por CERCA Programme/Generalitat de Catalunya. Pedro Piñero está sujeto a un contrato “Juan de la Cierva-Incorporación” (IJC2020-044108-I) financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y “European Union NextGenerationEU/PRTR”.