

Karst y Paleokarst de Sierra Morena (Sector Ossa-Morena, Hespérico Meridional)

*Karst and Paleokarst of Sierra Morena
(Ossa-Morena sector, southern hesperic)*

Díaz del Olmo F.; Baena R.; Álvarez G.

Departamento de Geografía Física, Facultad de Geografía e Historia.
Universidad de Sevilla. 41004 SEVILLA.

Sociedad Espeleológica GEOS. Apartado de Correos, 4275. 41080 SEVILLA.

Grupo de Investigación "Cuaternario y Geomorfología" (PAI, 4079).

Resumen

Se presenta una síntesis del karst y paleokarst del sector Ossa-Morena en Sierra Morena, desarrollado sobre calizas y dolomías del Cámbrico Inferior. Su distribución, abarca sectores de las provincias de Huelva, Sevilla y Córdoba. Entre los elementos más significativos destacan las superficies corrosivas, modelados de mogotes kársticos, paleopoljes y paleovalles, junto con formaciones superficiales tipo terra rossas y travertinos. En todos los casos sobresale la estrecha relación entre la estructura tectónica y la compartimentación de las manifestaciones kársticas, con especial notoriedad en la constitución y desarrollo del endokarst (galerías, simas, conductos, etc.). Dos sistemas espeleológicos destacan en el contexto de la Sierra: la Gruta de las Maravillas (Huelva) y el Complejo de Santiago (Sevilla), ambas con desarrollo longitudinal superior a 1000 m.

Palabras Clave: Paleokarst, Superficies corrosivas, Paleopoljes, Mogotes, Dolinas, Travertinos, Ossa Morena, Hespérico.

Abstract

In the present work a synthesis about karst and paleokarst on limestone and dolomite of cambrian age in Ossa-Morena zone is carried out. Its distribution is located in different area of Huelva, Sevilla and Cordoba province (Spain). Among other important elements are, weathering surfaces, paleopoljes, "mogotes", paleovalleys and other superficial deposits (tufas and terra-rossa). In all the cases studied, there is a important relationship between tectonic structure and different karst and endokarst processes (caves, pit, gallery, pipeline, etc.). Two principal system underground (1000 m.) have massif of Sierra Morena: Maravillas cave (Huelva) and Santiago complex (Sevilla).

Key Words: Paleokarst, Weathering surface, Paleopoljes, Mogotes, Dolinas, Travertines, Ossa-Morena, Hesperic.

INTRODUCCIÓN

La presencia de materiales carbonatados en el Macizo Hespérico se relaciona con las series del Precámbrico (VEGAS, 1977), Cámbrico (LOTZE, 1961-69; JULIVERT, 1978; ZAMARREÑO, 1978), Devónico (VÁZQUEZ GUZMÁN, 1967) y Carbonífero (MARQUÍ-

NEZ, 1978). Excepción hecha de las formaciones que componen las series cámbricas, el resto se presenta de manera intercalada entre las unidades sedimentarias, con débil espesor y poca extensión espacial.

La organización más continua de dichos materiales se localiza en la denominada zona de Ossa-Morena (LOTZE, 1945; JULIVERT et al., 1972), que se caracteriza por la presencia de Precámbrico y Paleozoico Inferior, y abarca desde el Alto Alentejo toda la zona central de Sierra Morena, principalmente en las provincias de Huelva, Sevilla y Córdoba (Fig.1).

La caracterización geomorfológica de la karstificación es en el momento actual exigüa. Así se recoge en la síntesis elaborada para el Hespérico en general por DEL VAL y HERNÁNDEZ (1989), principalmente los estudios dedicados al levantamiento topográfico de los principales sistemas endokársticos: Gruta de las Maravillas (Huelva), Cueva del Rey Cintolo (Lugo), etc.

En las formaciones cámbricas de la Zona de Ossa-Morena, se pueden reconocer dos grupos de manifestaciones karstológicas. De una parte un extenso modelado kárstico con formaciones superficiales (BAENA y DÍAZ DEL OLMO, 1988; DÍAZ DEL OLMO et al., 1989), y de otra una importantísima metalogénesis asociada con procesos metamórficos (VÁZQUEZ y FERNÁNDEZ, 1976; GARCÍA VELEZ, 1979), aunque sin olvidar su vinculación con el desarrollo de paleosuperficies y procesos de alteración preneógenos (DÍAZ DEL OLMO et al., 1989).

Otras referencias al karst del Hespérico meridional han sido recogidas para el Devónico de Cáceres y la Aliseda (GURRIA y SANZ, 1979), donde se describen someramente lapiaces y un importante complejo hidrogeológico.

KARST VINCULADO A SUPERFICIES CORROSIVAS Y RELIEVES RESIDUALES

La marcada evolución policíclica regradativa del zócalo Hercínico, propicia en Sierra Morena la aparición de un destacado modelado de aplanamiento, tradicionalmente entroncado con el fundamental de la Meseta.

Un análisis más detallado de este modelado, revela la existencia de toda una gama de superficies escalonadas que se suceden desde los altos relieves residuales areniscosos y carbonatados, hasta los fondos de las principales arterias fluviales de la Sierra. De entre ellas destacaremos dos series de carácter fundamental, dado su desarrollo regional y papel geomorfológico preponderante como punto de partida en la evolución del relieve actual.

Definición y localización

Ambas superficies presentan continuidad geográfica en dos situaciones: en torno a los relieves residuales de primera magnitud (orden kilométrico), **aplanamientos del N. de Constantina** (BAENA, 1988), **Santa Olalla del Cala** (DÍAZ DEL OLMO y GUTIÉRREZ ELORZA, 1983), **Entorno del Hamapega**; o en segundo lugar, ocupando los interfluvios principales de la sierra, caso de la **Superficie del entorno de Cazalla** (DÍAZ DEL OLMO, 1982) entre el Huéznar y el río Viar, en la provincia de Córdoba los **Arrasamientos del Ronquillo-Llanos del Conde** (CABANAS, 1980), o **Santa María de Trassierra-Las Ermitas** entre los ríos Guadiato y Guadalquivir.

Se trata siempre de aplanamientos desarrollados sobre sustratos petrográficamente heterogéneos, predominantemente las pizarras, esquistos, granitos, calizas y dolomías. Es sobre estas últimas, integrantes fundamentales del Complejo carbonatado del Cámbrico Inferior, sobre las que los aplanamientos adquieren caracteres de **superficies de corrosión** (BAENA y DÍAZ DEL OLMO, 1988), con un ondulado frente de corrosión criptokárstica con rundkarrrens y variadas manifestaciones kársticas tipo dolinas evolucionadas, paleopoljes, conductos subterráneos, valles secos, lapiaces, chicots, etc.

En su análisis se constata una doble generación de formas corrosivas, denominadas por nosotros **SK1** (680-660 m.) y **SK2** (640-630 m.) en el sector Cazalla-Constantina, pero igualmente, aunque a otras cotas, presentes en otros sectores de la Sierra, tal es el caso

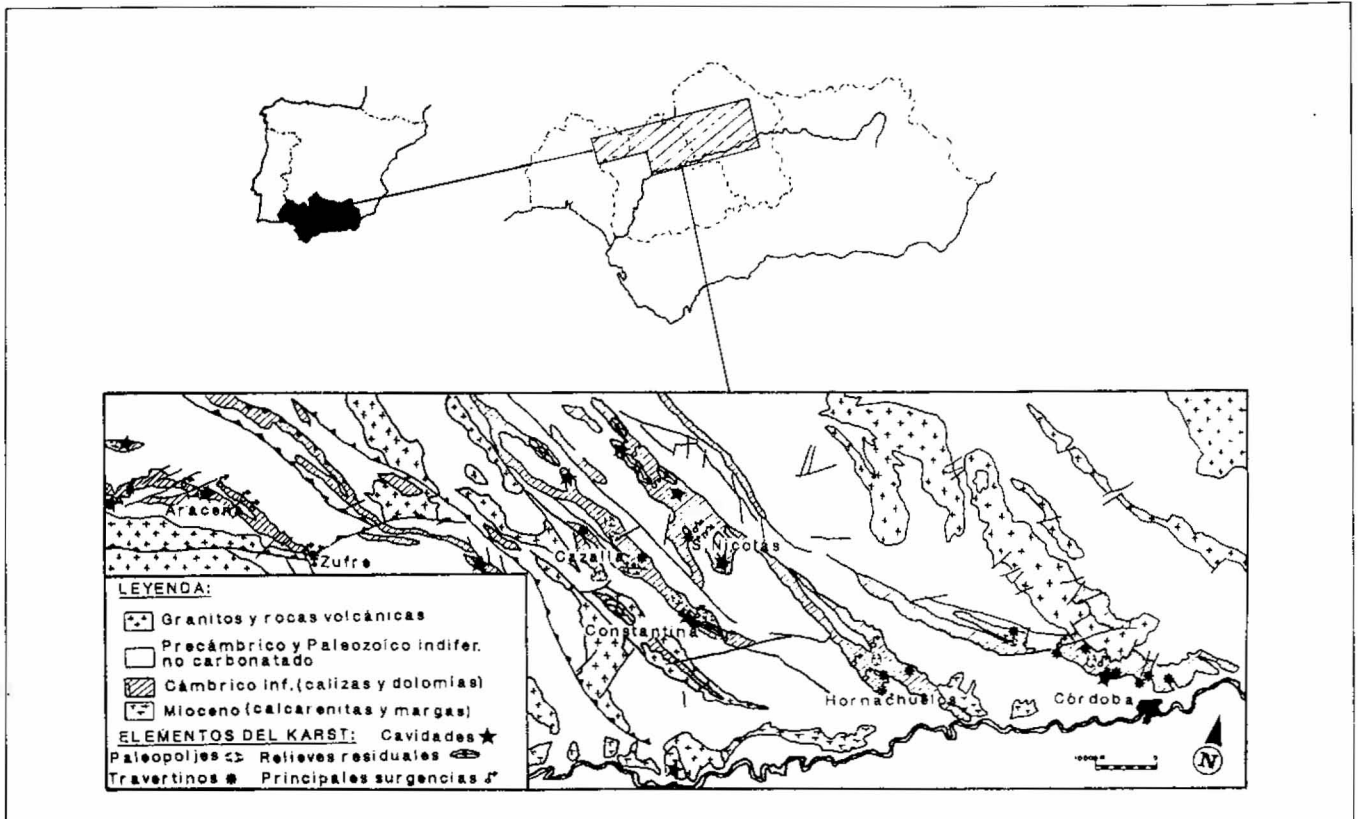


Figura 1
Contexto geológico de Ossa-Morena y localización del karst (Huelva, Sevilla, Córdoba)

de Santa María de Trassiera en Córdoba (RECIO et al., 1991) y siempre con similares características, esto es:

- el enlace entre ambos niveles, se efectúa a través de cortos pero frescos taludes como corresponde a una sucesión de formas distintas, y probablemente elaboradas unas a expensas de las otras merced al descenso continuado de los niveles de base regionales.

- el nivel inferior sustenta un interesante modelado de paleopoljes relacionados con movimientos tectónicos, evolución compleja y actualmente abiertos.

Condicionantes geológicos y estructurales

Geológicamente ya hemos mencionado la exclusividad de la karstificación dentro del dominio de Ossa-Morena, con monótonas series de pizarras y esquistos así como importantes afloramientos del Cámbrico Inferior, integrado por margocalizas, pizarras y areniscas alternantes con dolomías, calizas acintadas, nodulosas y cristalinas con potencias variables entre los 200-1000 m. (LOTZE, 1961; BARD, 1964).

Esta serie, nivel karstificable fundamental de la sierra, sólo verá limitado su desarrollo disolutivo al alcanzar los es-

quistos y pizarras arcillosas infrayacentes, sin que en ningún momento, las intercalaciones margosas de la formación repercutan en las formas mayores del relieve.

Desde el punto de vista estructural, los materiales cámbricos se presentan en apretada alternancia de ejes anticlinales y sinclinales separados por fracturas. Los primeros, carentes de papel geomorfológico a escala regional, dada la larga evolución del zócalo, sí que, a media escala pueden manifestarse, en tanto entra en juego la erosión diferencial sobre las heterogéneas formaciones litológicas. Por contra, la intensa tectónica de fractura, se erige en el verdadero responsable geomorfológico del sector a través de dos familias de lineamientos principales:

- El primero, de componente NW-SE y con menor intensidad WNW-ESE y E-W, corresponde a fallas inversas de largo recorrido (kilómetros a decenas de kilómetros.) y marcada linealidad, atribuibles al hercínico en su fase Sudética (FABRIES, 1963; ANGOLOTTI, 1975; FONTBOTE, 1980). Su acción repercute en la compartimentación del zócalo, la formación de escarpes de erosión así como en el basculamiento de ciertos tramos de las superficies fundamentales.

- El segundo corresponde a fallas

locales, de menor significado geológico, al no suponer prácticamente discontinuidad en las series estratigráficas a las que afectan, conjugan una doble componente en su orientación, WNW-ESE y W-E. Espacialmente su impacto se manifiesta en el karst, donde dirigen las elongaciones de poljes y dolinas, junto con la aparición de laderas afacetadas a pie de lineamientos tectónicos. Igualmente condicionan importantes cambios de dirección en la red fluvial, así como basculamientos e incisiones fluviales, en combinación con las fracturas regionales. Toda esta actividad tectónica reciente, se entiende para la Sierra Morena occidental correlacionable con momentos del Neógeno y del Plio-Pleistoceno (BAENA y DÍAZ DEL OLMO, 1988).

Relieves residuales

Los relieves residuales están constituidos por las series carbonatadas en posición morfoestructural de crestas monoclinales (DÍAZ DEL OLMO, 1982). Fuertemente levantadas y vergentes al S. o SW., dejan pasillos de pizarras deletzables que favorecen la conformación de un modelado de tipo apalachiano.

Esta disposición no favorece la génesis de un karst profundo, y sí, por

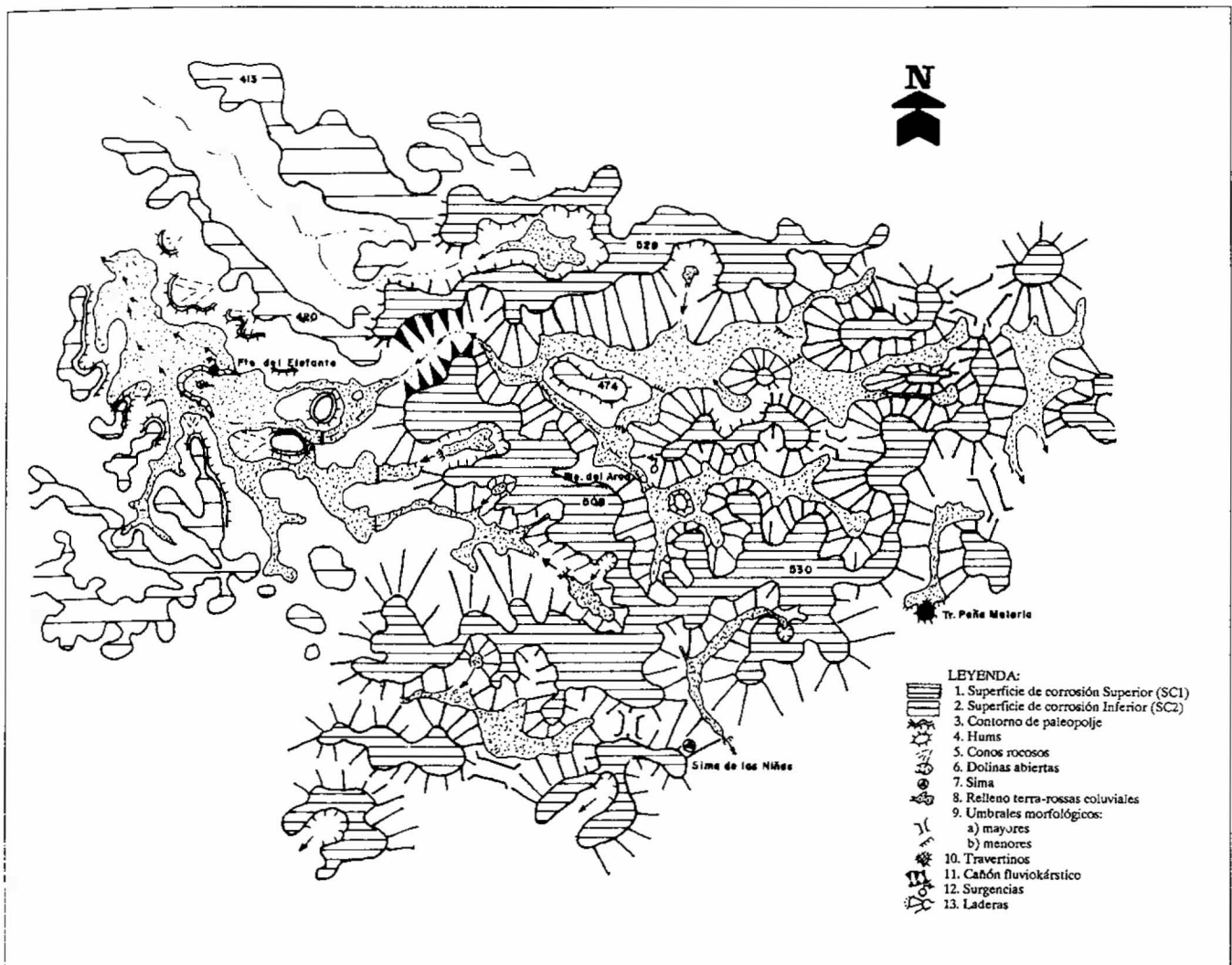


Figura 2

Detalle del paleokarst de la sierra de Córdoba: sector Trassierra-Las Ermitas. Por debajo de las superficies corrosivas se aprecia el paleopolje de Escarabita, abierto y drenado hacia el río Guadiato

contra, un interesante sistema de lapia-
ces con desarrollo de pequeños con-
ductos laterales, ajustados al dispositi-
vo de la estratificación y diaclasas, relle-
nos de terra-rossas y mineralizaciones
de óxidos de hierro, así como surgencias
y trolein. Las más importantes
manifestaciones se encuentran en la
provincia de Sevilla, en relieves mono-
clinales tales como los del Gibarrayo
(Constantina), Hamapega (Guadalca-
nal), Sierra del Viento, Sierra de la Gra-
na, Loma de la Urbana (Guadalcanal),
y el sinclinal levantado de la Sierra de
San Miguel (El Pedroso).

KARST Y FORMACIONES SUPERFICIALES

Vinculadas a las superficies de co-
rrosión, se pueden reconocer una varia-
da gama de formas kársticas y forma-
ciones superficiales desigualmente re-
partidas por toda Sierra Morena. Cen-
trándonos únicamente en las de

mayor entidad, destacaremos: mogotes,
paleopoljes, dolinas, paleovalles,
terras rossas y travertinos.

Mogotes y formaciones metalógicas

La explotación minera del Cerro del
Hierro (Sevilla), ha puesto de manifiesto
la existencia de un modelado de mogotes
kársticos, desarrollados a partir de
las superficies corrosivas. Conforman
pináculos o mogotes de dimensiones y
altitudes variables, en torno a 40 m.,
limitados preferentemente por corredores
kársticos (bogaz) que explotan fracturas,
con presencia de simas verticales.

La existencia de mineralizaciones de
hierro y metalógicas en general, aso-
ciadas a las formaciones residuales de
la karstificación, plantea la génesis y
evolución de este "karst cubierto", que
para nosotros responden a mineraliza-
ciones de un paleokarst con bauxitas

lateríticas elaboradas in situ (F.D.O.,
c.o.). Otras investigaciones han formu-
lado planteamientos de origen metaso-
mático o hidrotermal (VÁZQUEZ y FER-
NÁNDEZ, 1976; GARCÍA VELEZ, 1979).

Estas características orientan el mo-
delado de pináculos del Cerro del Hie-
rro hacia una génesis de tipo tropical
(turmkarst, DÍAZ DEL OLMO et al.,
1989), habiendo sido reseñado este pa-
leokarst, igualmente, por NICOD et SA-
LOMON (1990, p.24) en su inventario de
relieves kársticos residuales (mogotes)
de la zona templada de Europa.

Paleopoljes y terras rossas

Se trata de las formas de mayor di-
mensión superando en todos los casos
el kilómetro de longitud. En su distribu-
ción destaca el sector de Cazalla-Constan-
tina al N. de la provincia de Sevilla,
dado su número y tamaño (Paleopoljes
de San Antonio, San Sebastián, La Au-
rora, Fuente la Reina, Las Monjas, El

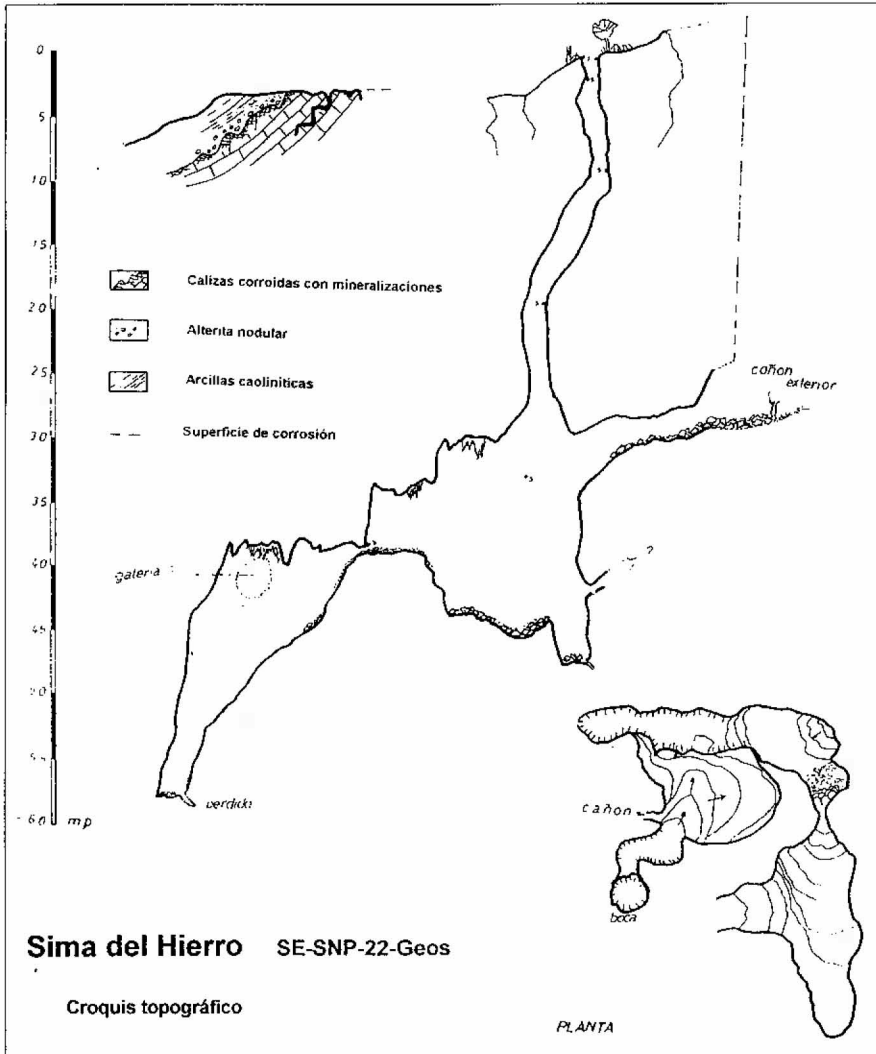


Figura 3
Croquis topográfico de la Sima del Hierro (San Nicolás del Puerto, Sevilla)
(SE-SNP-22-GEOS), y su posición a techo de las calizas del Cerro del Hierro,
mostrándose en esquema, la secuencia lateral de alteración



Foto 1
Lapiaz de cripto-corrosión a techo de mogotes en el Cerro del Hierro. Entorno de la
boca de acceso a la Sima del Hierro

Duende, etc.). También se han identificado este tipo de manifestaciones en Córdoba (paleopolje de Escarabita), N. de Hornachuelos y N. de la provincia de Huelva (Navahermosa) (Fig.2). Siempre se presentan abiertos y drenados, pudiendo tener más de una salida, aunque no todas funcionales y colapsadas de terra-rossa coluvionada. En su desarrollo, controlado siempre por la estructura geológica de la sierra, se aprecia el fuerte influjo de la tectónica de fractura imponiendo siempre un mismo rumbo en sus elongaciones.

Hasta ahora se han identificado en sus fondos hasta tres tipos de terra-rossa coluvionada: antiguas terras rossas de carácter caolínítico en ocasiones con concreciones férricas; terra rossas detríticas con canales de gravas y evolución hacia fases coluviales con suelos; y terra rossas limo-arenosas de carácter reciente débilmente edafizadas.

La compleja evolución pleistocena de estos paleopoljes, se constata tanto en la variedad tipológica de terra-rossas, como en la profusión y variedad de elementos morfológicos relacionados con ellos: conos rocosos laterales, pequeños hums, escalonamientos de los fondos, ponors colgados, así como una serie de valles secos en su orla, en cuyas inmediaciones son frecuentes las surgencias y acumulaciones de travertinos asociados a ellas.

Paleovalles y dolinas

Poco encajados sobre los aplanamientos, se presenta una densa red de valles secos. En su desarrollo se manifiesta una doble relación: con la organización de los paleopoljes y con la trama estructural dominante. En el primer caso, la red labrada sobre las series carbonatadas presenta un trazado dendrítico, con perfiles transversos en artesa o media caña y directamente sustentada sobre las superficies de corrosión, en cuyas dolinas abiertas inscriben sus cabeceras. Se trata pues, de un dispositivo fluviokárstico en estrecha vinculación con los paleopoljes, donde encontrarían su nivel de base, evacuando los aportes hídricos a través de sus ponors (BAENA, 1988).

Las dolinas, aunque desarrolladas sobre los dos niveles corrosivos, alcanzan mayor profusión sobre el inferior. Sus formas muy evolucionadas y abiertas en el caso de las superiores constituyen, a través de marcados umbrales de terra rossa, el arranque de numerosos valles secos que desembocan en los paleopoljes o, en otros casos, que-

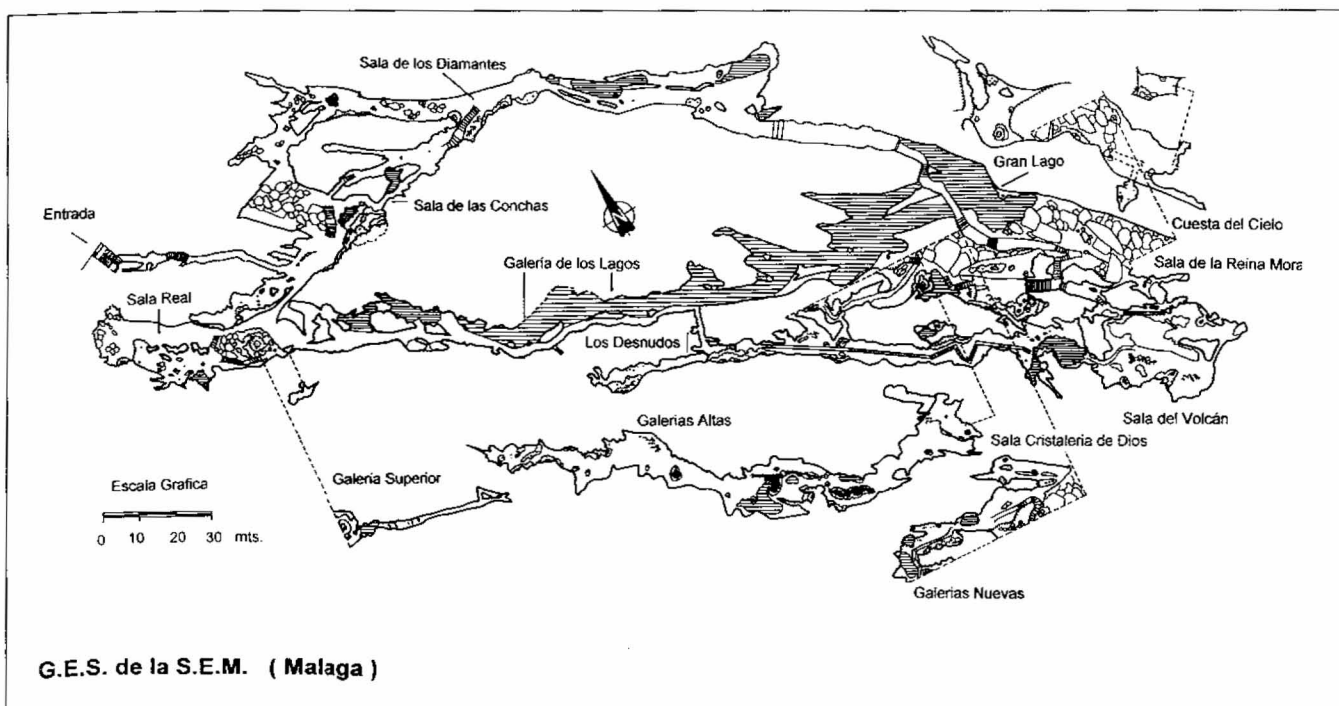


Figura 4
Desarrollo topográfico de la Gruta de las Maravillas (Aracena, Huelva), destacándose la zona inundada y el conjunto de galerías en tres niveles (GES de la SEM, Málaga)



Foto 2
Interior de la Sima de San Paulino (San Nicolás del Puerto, Sevilla), donde se aprecia el cono de bloques procedente del hundimiento parcial del lapiaz superficial. Al fondo modelados erosivos en las paredes

dan truncados por el retroceso de los escarpes, estén asociados o no a fracturas removilizadas o al contacto zócalo-cuenca. Para las dolinas inferiores, predominan los fenómenos de coalescencia junto con las formas alargadas siguiendo la pauta de la fracturación dominante. Sus fondos cubiertos de terra-rossa, se presentan igualmente capturados en dirección a los paleopoljes, siendo frecuente la aparición de surgencias en sus laterales.

Travertinos

Tobas y travertinos son relativamente frecuentes en relación con los afloramientos de calizas de Ossa-Morena, poniendo de manifiesto con su presencia los últimos periodos de actividad kárstica en estos ámbitos. Su posición morfológica, junto con el análisis de sus facies nos permite agruparlos en tres conjuntos principales en relación con los mecanismos responsables de la acumulación (BAENA y DÍAZ DEL OLMO, 1989):

- **Vinculados a fuentes y surgencias:** se trata del grupo más numeroso, presentándose siempre en forma de nítidas plataformas sobre pendientes pronunciadas y escarpes marcados. Entre los más significativos destacan los edificios de Alájar y Zufre en la provincia de Huelva, Fuente del Ángel en Cazalla de la Sierra (Sevilla) y los de Hornachuelos, Mirador de Cruz Conde, Los Arcos y Valdehuelas en la provincia de Cór-

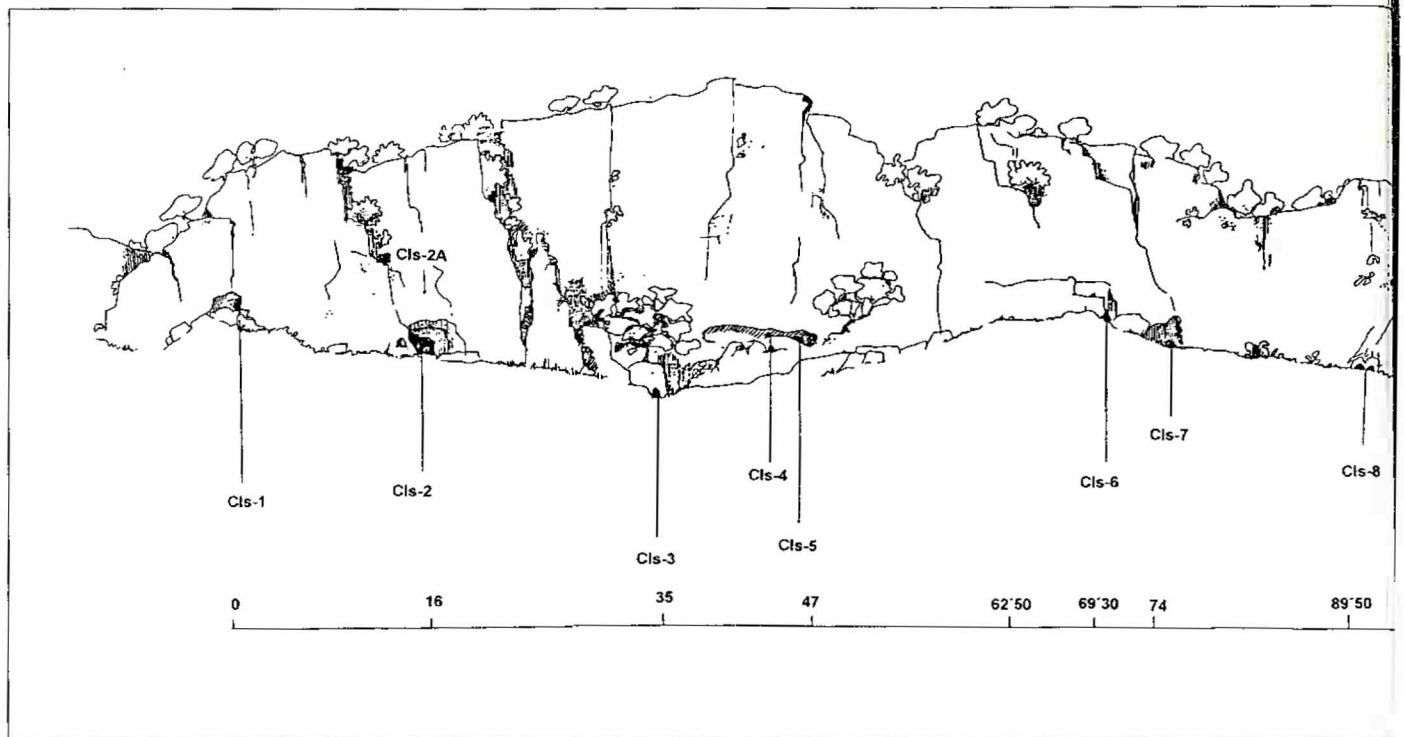
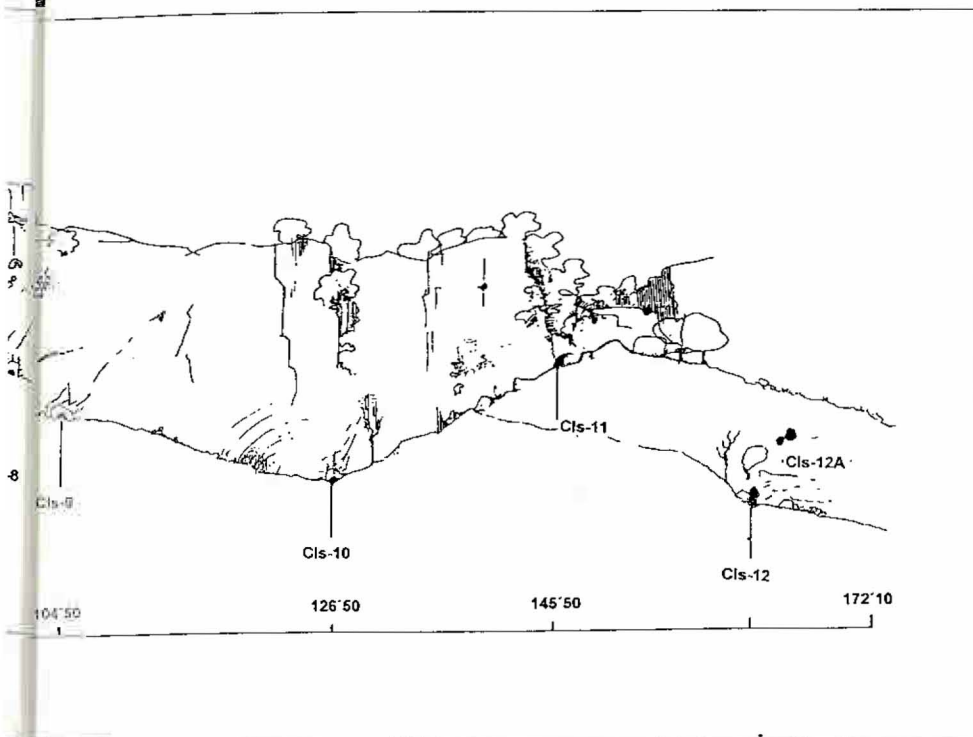


Figura 5
Esquema de localización de las distintas bocas de acceso al complejo endokárstico del cerro de Santiago (Cazalla de la Sierra, Sevilla) (E.Arias y G. Álvarez).



Foto 3
Galerías inundadas del complejo de Santiago (Cazalla de la Sierra, Sevilla), en el interior del acceso CLS-12 (Febrero, 1986)



doba (RECIO et al., 1991). Todos ellos medianamente concrecionados, presentan facies variadas, predominando las masivas, brechoides y limosas con desarrollo en cascada y conteniendo conductos y oquedades. Igualmente resaltar que este grupo compone el principal registro geoarqueológico de todo el conjunto, con numerosos restos Calcolíticos y del Bronce.

- **Vinculados a ríos:** sedimentados por corrientes fluviales, podemos encontrarlos en dos situaciones.

a) Directamente sobre el cauce, actualmente en formación y con facies muy limosas y poco concrecionadas, en cascadas y domáticas. Su desarrollo es frecuente en aquellos parajes donde se mantienen la cubierta vegetal y escorrentías poco polucionadas. Son los casos de la Rivera de Huéznar (Sevilla), el Arroyo de la Huerta del Rey en Hornachuelos o el Arroyo del Molino, en Córdoba.

b) Disectados y colgados sobre el cauce, presentan sucesivas unidades sedimentarias que van desde las facies de tallos y musgos muy concrecionadas en los niveles superiores, hasta las detríticas poco cementadas alternantes con oolitos para las terrazas más próximas al cauce. Ejemplos significativos encontramos en la Rivera de Huéznar, aguas abajo de San Nicolás del Puerto, el Arroyo de la Villa en Constantina, ambos en la provincia de Sevilla, o el Arroyo del Molino en su desembocadura en el río Guadiato (Córdoba).

- **Vinculados a paleorredes fluvio-kársticas:** corresponden a edificios in-

sertos en la red de paleovalles que recorren las superficies corrosivas, en aquellos puntos donde estos quedan truncados por el retroceso de las vertientes. Se trata pues, de plataformas en posiciones culminantes que lateralmente pueden pasar a estar alimentadas por surgencias al modo de las del primer grupo, como sucede en la Cartuja de Cazalla (Sevilla) o Peña Melaría (Córdoba), ambas entre 300 y 400 m. por encima de los niveles de base actuales. Entre sus características destacan, su alto y medio grado de concrecionamiento, la homogeneidad de sus facies de carácter estromatolíticas y su karstificación, pudiéndose apreciar conductos, cavidades y frecuentes reconstrucciones estalagmíticas.

Cronológicamente los travertinos estudiados muestran su constitución en diferentes etapas y condiciones ambientales del Cuaternario.

Los que están ubicados en relación geomorfológica con las paleotopografías culminantes y antiguas surgencias, arrojan cronología que abarcan el Pleistoceno Inferior y Medio, representados en episodios paleomagnéticos positivos y negativos de la época inversa **Matuyama** (700.000 BP) (R.B.E., c.o.). Por su parte los implantados en cursos fluviales, tienen las cronologías más recientes, arrancan desde fases del Pleistoceno Medio, con un importante desarrollo en los estadios isotópicos del **Pleistoceno Superior y Tardiglaciario** (Constantina, 50.000 a 20.000 BP, U/Th, F.D.O., c.o.). Por último, la sierra mantiene una importante gama de **travertinos**

holocenos, vinculados a fuentes, surgencias y fondos de arroyos, particularmente activos en aquellos lugares donde las condiciones de los geosistemas kársticos han sido poco alteradas.

ENDOKARST Y ESPELEOTEMAS

El endokarst de Sierra Morena presenta un importante número de manifestaciones heredadas y activas, con presencia de complejos sistemas espeleológicos, junto a simas y conductos monoespecíficos.

A nivel regional una valoración espeleomorfológica del endokarst, permite una sistemática en tres tipos de manifestaciones: mogotes kársticos; relieves residuales y paleopoljes.

Los mogotes calizos y calco-dolomíticos implantados por debajo de las superficies corrosivas, concentran las principales manifestaciones del endokarst mariánico.

En el Cerro del Hierro, la karstificación profunda ha progresado orientada por el sistema de fracturas, favoreciendo la conformación de corredores kársticos (bogaz), conductos y simas verticales con un fuerte taponamiento de arcillas caoliníticas. El catálogo espeleológico del Cerro supera los 100 enclaves, destacando la **Sima del Hierro**, una vertical de -60 mp. abierta sobre una diaclasa con lapiaces de criptocorrosión (kluftkarren) (Fig.3 y Foto 1), y la de **San Paulino** (-32,5 mp. y 230 m. de recorrido), con hundimiento parcial del lapiaz superficial (Foto 2). Aprovechando el buzamiento de las calizas, han sido reconocidos algunos sistemas laterales con galerías-diaclasas de paredes concrecionadas (Cueva de los Murciélagos-Sima de Polea Saloma, en conjunto unos 200 m. de recorrido y un desnivel de -13 mp.).

La **Gruta de las Maravillas** (Aracena, Huelva) y el **Complejo de Santiago** (Cazalla, Sevilla), constituyen, por su desarrollo espeleométrico y diversidad de manifestaciones endokársticas, los sistemas espeleológicos más significativos de los conocidos en la actualidad en Sierra Morena. En ambos casos sus recorridos superan los 1.000 m. y los sistemas de galerías se organizan en varios niveles.

La de Aracena está implantada sobre un relieve residual de caliza cámbrica. Su desarrollo está guiado por un sistema de galerías (2.130 m. de recorrido) a tres niveles topográficos, inferior o zona inundable (Galerías de los Lagos), intermedio (tramos visitables) y superiores (Fig.4). Todas las galerías se caracterizan por prolongados conductos-

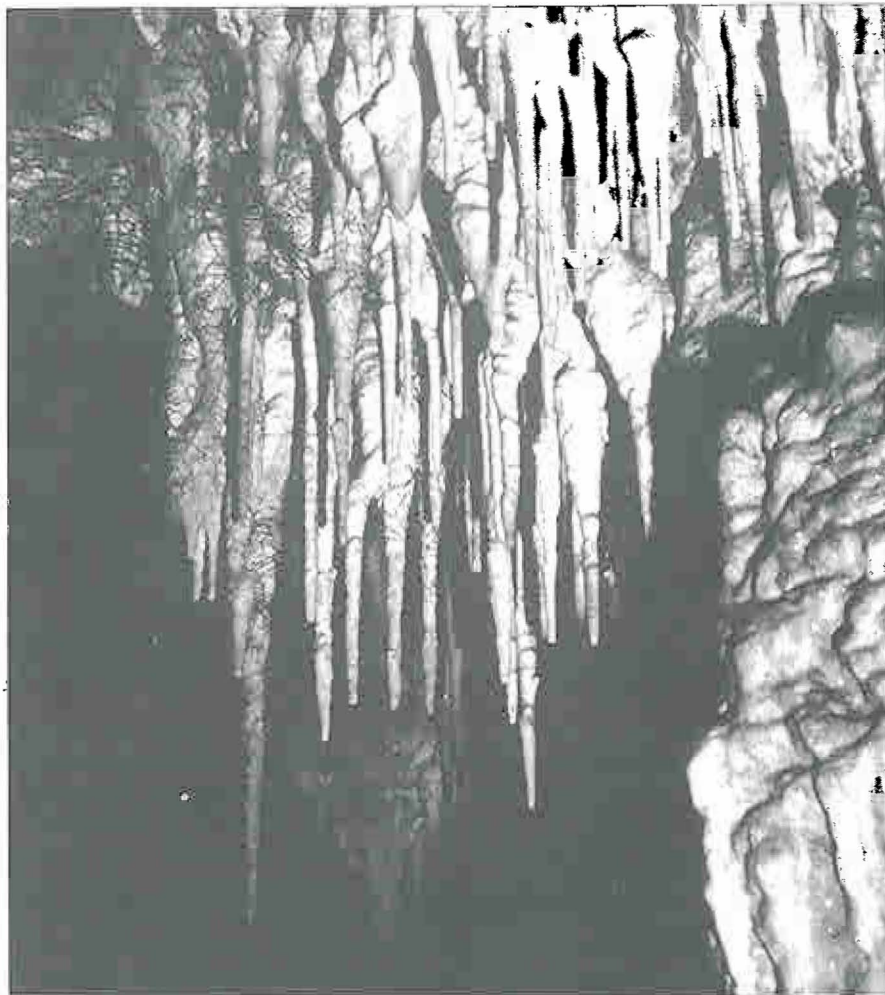


Foto 4
 Conjunto de estalactitas con terminación aguda en el interior de la galería-sala de la Sima del Paro (Alanís, Sevilla), con sucesión de episodios acumulativos

galerías con abundantes reconstrucciones y numerosas generaciones de espeleotemas.

Por su parte el Complejo de Santiago, actualmente en estudio por la Sociedad Espeleológica GEOS (1.004,68 m. topografiados en Noviembre de 1993 (1) **Catálogo Nacional de Grandes Cavidades Españolas 1993**), está relacionado con la evolución de las superficies corrosivas del entorno de Cazalla de la Sierra (Cerro de Santiago) (Fig.5). En él son evidentes los fenómenos superpuestos de inundación-erosión. Las galerías inundadas reflejan la estacionalidad climática (Foto 3), mientras que la presencia de espeleotemas en las galerías altas con micro y macrogours, apoyan la antigüedad de estos sistemas. Hasta la fecha, no se han realizado estudios espeleo-genéticos o cronométricos sistemáticos en estas formaciones.

En Santa Ana la Real (Huelva) y Alanís (Sevilla) respectivamente, se localizan los conductos monoespecíficos de los Moros y el Paro, con desarrollos de más de 50 y 317,5 m. y desniveles entre 20 y 45 mp (Fig.6 y Foto 4). Ambos ejemplos ilustran la mayoría de las manifestaciones conocidas tanto en la provincia onubense (Pájara, Cantera de Navahermosa, Cueva-Nacimiento de Galaroza, etc.); como en Córdoba (Piquín, Niñas, etc.); o los klipps calizos de Almadén de la Plata, en Sevilla, representada por Los Covachos con 251 m. de recorrido y -20 mp. (Fig.7). En el

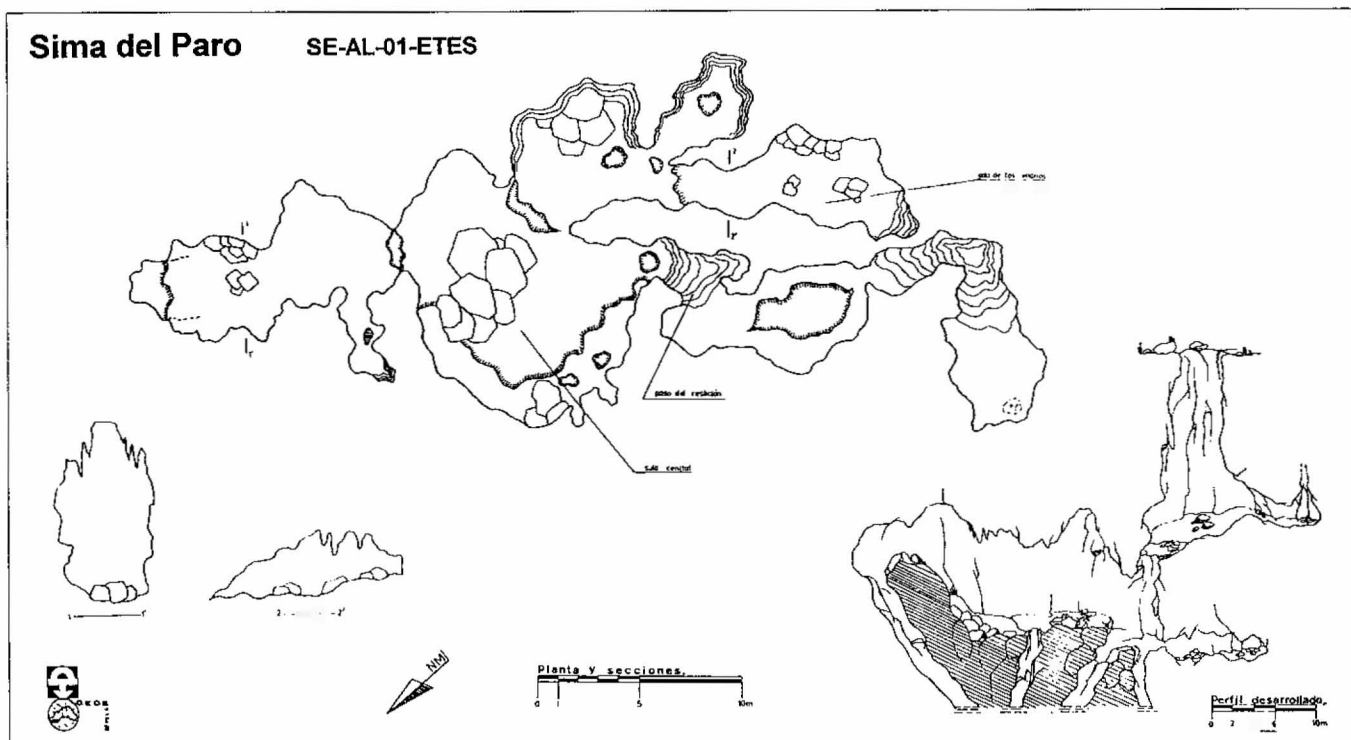


Figura 6
 Planta y sección de la Sima del Paro (Alanís, Sevilla), pozo vertical de entrada, galería-sala con grandes bloques y sistemas

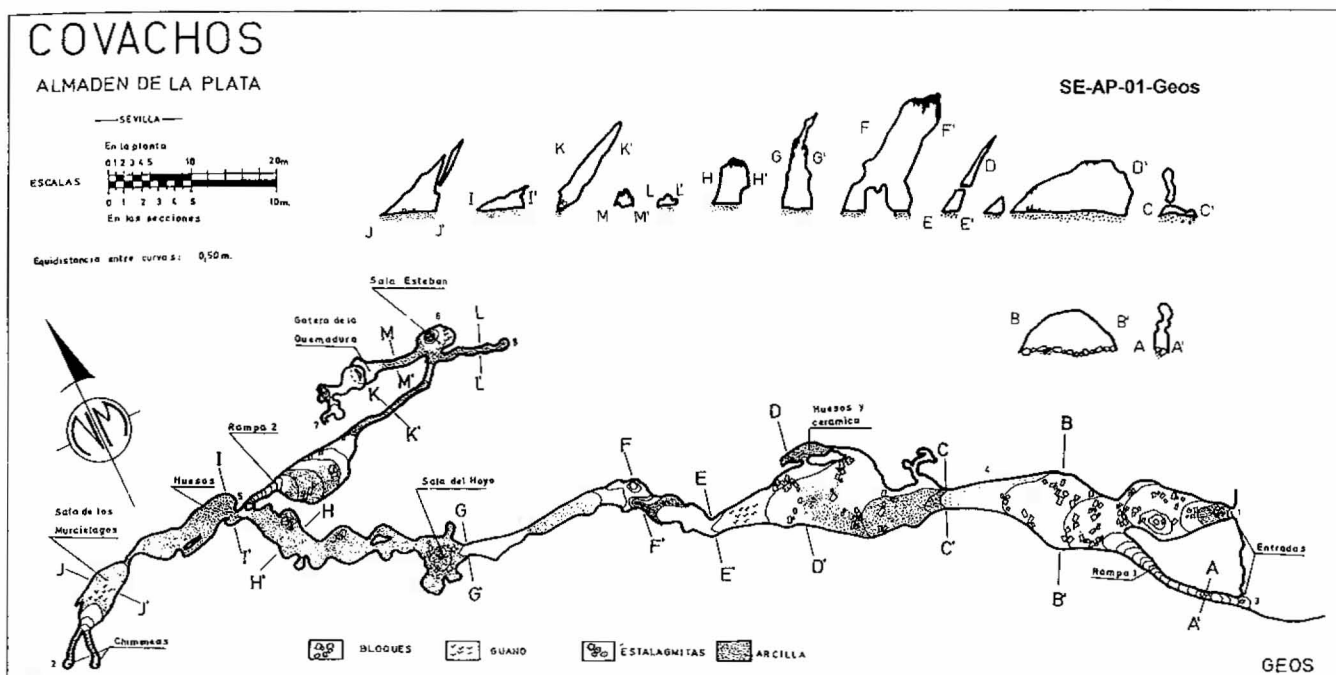


Figura 7
Topografía de la cueva de Los Covachos (Almadén de la Plata, Sevilla). Importante desarrollo longitudinal con secciones transversales condicionadas por el diaclasado del klippe calizo de Almadén (SE-AP-01-GEOS) (E.Arias y J.Andrada)

paleopolje de La Aurora, sobre un pequeño cono rocoso, ha podido estudiarse un antiguo ponor constituido por un conducto monoespecífico descendente hasta -12 mp., con las paredes recubiertas de coladas estalagmíticas de débil espesor.

La Cueva del Agua (150 m. de recorrido y actualmente en estudio) y la Cueva-Sima Geos (aprox. 100 m. de recorrido y -17 m.p.), ambas en Fuentes de León (Badajoz), constituyen ejemplos del endokarst inundable en la prolongación de los relieves residuales carbonatados de Aracena.

HIDROGEOLOGÍA ACTUAL

La complejidad tectónica junto con la compartimentación geológica de las series carbonatadas de Ossa-Morena, dan como resultado la diversificación y proliferación de acuíferos por toda Sierra Morena. Estos, con sus niveles impermeables sobre las pizarras y esquistos paleozoicos, presentan caracteres de acuíferos kársticos libres y fisurados, si bien localmente pueden encontrarse también confinados.

En conjunto, suponen unos recursos medios estimados de 63 Hm³/año, repartidos entre sus 9 unidades hidro-

geológicas fundamentales (IGME, 1986). Destacan en caudal las de Guadalcanal-San Nicolás (292 l/s), Galaroza-Zufre (Sierra de Aracena, 230 l/s), Santa M^a. de Trassierra-Córdoba (219 l/s), Las Navas-Hornachuelos (123 l/s) y Constantina-Cazalla (114 l/s). En ellas se encuentran inventariados cerca de un centenar de puntos de surgencia de agua (IGME, 1986), cuyas características hidroquímicas (Fig.8), ponen de manifiesto un predominio de las aguas bicarbonatadas cálcicas, a veces con influencia magnésica, como corresponde al tipo de material calizo-dolomítico karstificado en el que se insertan.

Se trata siempre de aguas aptas para el consumo y el riego con inapreciables proporciones de sales y baja conductividad eléctrica. Igualmente es de destacar el predominio de las saturadas en carbonatos, correspondiendo los pH más bajos a las surgencias próximas a los afloramientos graníticos, caso de las existentes en la unidad hidrogeológica de Galaroza-Zufre.

En cuanto a los caudales, por lo general constantes a lo largo del año, se presentan muy dispares en sus aforos, oscilando entre los 0.5 l/s. y 150 l/s. según el emplazamiento de las surgencias. Así, los valores máximos se obtie-

nen para aquellas situadas muy próximas a los talwegs actuales, cuando estos inciden los fondos de paleopoljes y paleovalles. Es igualmente en estos ámbitos sobre las superficies corrosivas, donde se concentran más del 70% de los manantiales de la sierra, correspondiendo los valores mínimos de caudal a los emplazados sobre vertientes y/o fracturas, a través de las cuales se ponen en contacto las series carbonatadas con las rocas impermeables.

OTROS KARST

Fuera de las series del Cámbrico Inferior, cabe también señalar el karst modelado a partir de litofacies calcareníticas del Mioceno en el contacto del zócalo con la Depresión inferior del Guadalquivir.

Se trata de un karst superficial de frecuentes lapiazes, pozas y kameinitzas, que en los escarpes de las plataformas suelen presentar cavidades de génesis polifásica. En el Mioceno de Lora del Río (Sevilla) (Cueva de la Mazmorra, 110 m. de recorrido y -8 mp.), algunos abrigos kársticos abiertos hacia el Guadalquivir, contienen en su interior rellenos aluviales constatando su relación con la evolución del río.

(1). El complejo de Santiago ha sido uno de los enclaves de interés espeleológico permanente por parte de la Sociedad Espeleológica GEOS. desde 1963. En 1975 y 1982 se realizaron sendas campañas de exploraciones y topografías, habiéndose completada una primera fase de investigación en Noviembre de 1993, al alcanzarse un recorrido superior al kilómetro de galerías. En el curso de 1994, se tiene previsto dar a conocer las características espeleológicas y geomorfológicas de este complejo, así como continuar con los trabajos de exploración que ampliarán el recorrido actual. Los trabajos topográficos se están llevando a cabo por G. Álvarez y J. Molina.

Nombre municipio	Alt (m)	Q (l/s)	T (°C)	CO ₃ H (meq/l)	Cl (meq/l)	SO ₄ (meq/l)	Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	Na (meq/l)	K (meq/l)	Cond (mmho/cm)	SAR	pH	Posición
Fte. Plaza S. Francisco (Constantina)	600	50	14	2.16	0.28	0.1	1.72	0.52	0.24	0.01	0.243	0.23	8.4	Paleo- valle
Lagar del Inquinador (Cazalla S.)	600	7	15	2.18	0.18	0	1.76	0.32	0.55	0.06	0.470	0.54	8.3	Paleopolj e
S. Nicolás de Puerto	500	150	—	5.10	0.35	0.02	5	0.20	0.35	0.05	0.510	0.22	6.8	Paleo- valle
Fuente del Moral (Guadalcanal)	660	2	14	3.61	0.51	0.6	1.84	2.12	0.80	0.10	0.43	0.57	8.2	Vertiente calizo- esquist.
Fuente del Castaño (Aracena)	600	25	—	5.1	0.50	0.1	3.7	1.4	0.2	0	0.43	0.1	8.0	Fractura calizo- esquist.
Jabuguillo	625	5	—	6.0	0.60	0.3	3.8	2.3	0.3	0	0.6	0.2	7.9	Borde caliza
Zufre	420	2	—	6.9	0.50	0.6	4.4	2.7	0.2	0	0.68	0.1	7.4	Vertiente

Figura 8
Datos hidroquímicos y emplazamientos geomorfológicos de las principales surgencias de Sierra Morena

Agradecimientos

Al GES de la SEM de Málaga por la documentación de la Gruta de las Maravillas; al Espeleo-Club "Karst" de Dos Hermanas (Sevilla) por los datos espeleométricos de la Sima del Paro; a la Delegación Provincial del ITGME en Sevilla, por la información hidrogeológica aportada; y al Prof. J.M. Recio de la Universidad de Córdoba, por sus indicaciones sobre el paleokarst de Córdoba.

BIBLIOGRAFÍA

- ANGOLOTI, J.M.; MUELAS, A.; GARCÍA VELEZ, A. (1975). *Mapa geológico de España, E.1:50.000. Constantina*, I.G.M.E., Madrid.
- BAENA ESCUDERO, R. (1988). *Estudio geomorfológico del Norte de Constantina (Sierra Morena, Sevilla)*. Programa de Doctorado en Geografía Física, Universidad de Sevilla, 92 pp + Cart. (inédito).
- BAENA ESCUDERO, R.; DÍAZ DEL OLMO, F. (1988). *Paleokarst de Sierra Morena (Sector Cazalla-Constantina, Hespérico Meridional). superficies de corrosión y poljes*. Cuaternario y Geomorfología. vol.2 (1-4). 13-22.
- BAENA ESCUDERO, R.; DÍAZ DEL OLMO, F. (1989). *Edificios tobáceos en Andalucía occidental: secuencias de piedemonte*. El Cuaternario en Andalucía occidental, AEQUA Monografías, 1: 89-97.
- BARD, J.P. (1964). *Note préliminaire sur l'âge des terrains de l'Estrato cristalline affleurant au NW de la province de Huelva (Espagne)*. C.R.S. Ac. Sc. Paris, t. 258: 2.129-2.130
- CABANAS, R. (1980). *Geología cordobesa (Guía del sector Norte)*. Ed. Escudero. Córdoba, 179 pp.
- DÍAZ DEL OLMO, F. (1982). *Geomorfología de Sierra Morena. Estudio del interfluvio de las cuencas fluviales Viar-Rivera de Hueznar*. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla, 503 pp. + Cart. (inédita).
- DÍAZ DEL OLMO, F.; GUTIÉRREZ ELORZA, M. (1983). *Observaciones sobre la geomorfología del batolito de Santa Olalla del Cala (Sevilla, Huelva, Badajoz)*. Bol. Geol. y Min., 94 (3). 179-186.
- DÍAZ DEL OLMO, F.; BAENA ESCUDERO, R.; GUTIÉRREZ ELORZA, M. (1989). *Paleokarst de Sierra Morena (Massif Hespérique)*. en Réunion franco-espagnole sur les karsts méditerranéens d'Andalousie Occidentale, Livret-Guide: 183-218.
- FABRIES, J.M. (1963). *Las formaciones cristallines et métamorphiques du Nord-Est de la province de Séville (Espagne)*. Ciencias de la Terre, Nancy, Mém., 4: 270 pp.
- FONTBOTÉ, J.M. (1980). *Mapa Geológico de España, E.1:200.000, Córdoba, Hoja nº76*. I.G.M.E., Madrid.
- GARCÍA VÉLEZ, A. (1979). *Estudio de las mineralizaciones de origen hidrotermal en la región de Guadalcanal-Cazalla (Sevilla)*. Bol. Geol. y Min. 90 (3). 285-293.
- GURRIA GASCÓN, J.L. y SANZ TAMAYO, M. (1979). *Los fenómenos kársticos en los calerizos de Cáceres y Aliseda*. Actas VI Coloquio de Geografía. Palma de Mallorca, AGE (Publicación 1983). 47-55
- I.G.M.E. (1986). *Investigación y Evolución de los Recursos hidráulicos subterráneos de los sectores N. de las provincias de Huelva, Sevilla y Córdoba*. Documento Interno. Delegación I.T.G.M.E. Sevilla. 3 Tomos + Cart.
- LOTZE, F. (1945). *Zur gliederung der Varisciden der Iberischen Meseta*. Geotk. Forsch., 6:78-92 (Trad. esp. por J.M. Ríos, Publ. Extr. sobre Geol. de España, T.V.:149-166, Madrid, 1950).
- MARQUÍNEZ, J.L. (1978). *Estudio geológico del Sector SE de los Picos de Europa (Cordillera Cantábrica, NW de España)*. Trabajos de Geología, 10: 295-315.
- NICOD, J.; SALOMON, J.-N. (1990). *Les Mogotes: des reliefs karstiques résiduels litho-structuraux et/ou hérités. Comparaison des karsts tempérés et tropicaux*. Revue Géomorphologie Dynamique, 39,1: 15-38.
- JULIVERT, M. (1978). *Algunas bases para una correlación paleogeográfica entre los Macizos Hercinianos del Occidente de Europa*. en: Geología de la parte Norte del Macizo Ibérico (Homenaje a I. Parga Pondal), Cuadernos del Sem. de Est. Cerámicos de Sargadelos, 27: 159-191.
- RECIO ESPEJO, J.M.; BAENA ESCUDERO, R.; y DÍAZ DEL OLMO, F. (1991). *Evolución reciente del Karst de la Sierra de Córdoba*. III Simposio sobre el Agua en Andalucía. ITGME, T II: 575-583.
- VAL, del J.; HERNÁNDEZ, M. (1989). *El karst en el Macizo Hespérico*. en: El Karst en España, Monografía 4, S.E.G.: 217-229.
- VÁZQUEZ GUZMÁN, F. (1967). *Nuevas áreas devonianas en la zona occidental de Sierra Morena*. Notas y comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España: 97-98.
- VÁZQUEZ GUZMÁN, F.; FERNÁNDEZ POMPA, F. (1976). *Contribución al conocimiento geológico del Suroeste de España en relación con la prospección de depósitos de magnetitas*. Memoria del Inst. Geol. y Min. de España, 89: 130 pp.
- VEGAS, R. (1977). *Le précabrien supérieur de la chaîne varisque de la Peninsule Iberique*. en: La chaîne varisque d'Europe moyenne et occidentale, Coll. Inter. CNRS. Rennes, nº 243: 89-96.
- ZAMARREÑO, I. (1978). *Tipos y distribución de facies en el nivel carbonatado del Cámbrico de España*. en: Geología de la parte Norte del Macizo Ibérico (Homenaje a I. Parga Pondal), Cuadernos del Sem. de Est. Cerámicos de Sargadelos, 27: 289-311. ■