



CRONOLOGÍA DE LAS REFERENCIAS HIDROGEOLÓGICAS EN TORNO AL KARST DE OJO GUAREÑA

Francisco Ruiz García *

* G.E. Edelweiss

Nada hay en el mundo más blando y débil que el agua. Sin embargo, sólo ella puede moldear la roca más dura y fuerte. En eso es irremplazable.

*Del Tao Te Ching
Lao-Tse*

CRONOLOGÍA

1845-1850. La primera referencia que encontramos sobre la relación entre la desaparición del río Guareña y el río Trema la encontramos en el "Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar" (1) en el que se cita literalmente "*Hornillayuso: ...sit. la mayor parte en una cuesta y dividido por el riach. llamado Trema. ...El terreno es de buena calidad, y lo atraviesa el expresado riach. que, entrando por debajo de la cueva denominada de San Bernabé, se oculta hasta el sitio de su mismo nombre, dist. de aquella una legua.*"

1896. El catálogo "Cavernas y Simas de España" (2) se apoya en las citas del "Madoz" (1) y describe la Cueva de Trema como el

sitio donde aparecen las aguas del arroyo del mismo nombre después de un recorrido subterráneo de unos cinco kilómetros. Con respecto a la Cueva de San Bernabé comenta que en el país dicen que sus galerías tienen más tres kilómetros y la dirección de estas es de O. a E.

1933. Aparecen las primeras referencias geológicas de la cueva (3). En el Boletín Real Sociedad Española de Historia Natural se presenta un resumen de una serie itinerarios realizados por el Norte de la provincia de Burgos entre los años 1926 y 1931, bajo el título de "Notas acerca de la estratigrafía del Supracretáceo y del Numulítico en la cabecera del Nela y zonas próximas".

En él se determinan de una forma precisa los espesores, facies y fauna de la serie estratigráfica de los terrenos aflorantes en la región comprendida entre Soncillo, Quisicedo, Villarcayo y Valdenoceda, aunque también se extiende hacia La Lora, Orbaneja del Castillo y Bricia, convirtiéndose en un trabajo de referencia al establecer varias relaciones hidrogeológicas de las que, textualmen-

te, destaca: "*... y como culminación de cuantas bellezas naturales enumeramos, está el notabilísimo caso de perforación hidráulica ofrecido por el río de La Cueva de San Bartolomé. Dicho río, formado en la vertiente Sur de la Cordillera Cantábrica, entre Quisicedo y Santelices, va a sumirse tumultuosamente, por debajo del pueblo de su nombre, en una sima sita en un rincón del valle, al que unos ojos escudriñadores no encuentran a primera vista salida.*"

"*No es fácil imaginarse en verdad un paraje más ameno. El ceño de la risca calcárea, tajada allí en su máxima altura, contornea el rincón, dominando el emplazamiento de un ruinoso batán en el que la blanca linfa dejaba utilizable antaño una parte de su energía antes de lanzarse al abismo...*" "*... La cornisa volada del cantil cubre protectoramente el conjunto (se refiere a la ermita); en el páramo superior que lo respalda, y al que sube una reciente carretera, labran sus fauces dos profundas simas, llamadas de Olencias, de más de 30 metros de profundidad, en las que se precipita un arroyuelo que debe unir-*

se bajo tierra con el arroyo de la Cueva.

Todo el caudal subterráneo se debe juntar, a juzgar por la estratigrafía, con las filtraciones del río Cornejo. En las crecidas se les ve salir impetuosamente por una cueva que hay a la derecha de su alveo, junto a la carretera de dicho pueblo a Villarcayo. “

Estratigráficamente sitúa el cantil calizo en el tramo Coniaciense^(*) que, textualmente, “*Morfológicamente considerado, aparece como una gigantesca y festoneada cornisa que corona a la ladera cenománico-turoniense...*”

Su anticipación a los tiempos actuales es tal que incluso llega a pedir una especial protección del conjunto a la por entonces Comisaría de Parques Nacionales.

1956. Se comienza la exploración del complejo localizando y comprobando la conexión entre la Dolina Palomera y la Sima Dolencias por la Galería Principal.

1957. Se descubre el "Tercer Piso", nivel en el que discurre el curso hipógeo del Guareña.

1958. En el transcurso de la gran expedición "Operación O.G. 1958" se descubren los sifones aguas arriba y abajo del "Tercer Piso". Se prolongan las exploraciones hacia el Este, más allá de la Galería Principal superando el Laberinto Alcoy y el nivel hídrico colgado de los Siete Lagos alcanzando el Sifón Terminal Este (hoy llamado Sifón Terminal de la Esperanza). Se estudian las surgencias fósiles de Cornejo.

Los trabajos topográficos alcanzan los 12.000 metros de galerías.

1962. Se localiza la Cueva

Torcona, cavidad principal, del que con el tiempo, se llamaría Sector Resurgencia.

1963. Nueva gran expedición que amplía la topografía a más de 16.100 metros.

1964. Tercera de las grandes expediciones "Operación OG 1964". Se realiza la topografía del Sumidero del Guareña y de la Surgencia de la Torcona. Se relacionan topográficamente todas las bocas de cuevas conocidas. Como culminación a la expedición se realiza la primera coloración con fluoresceína del Guareña. El resultado es un fracaso.

La topografía del Complejo alcanza los 21.550 metros.

1965. Aparece en Geo y Bio «Karst» en sus números 5 y 6 el "Número extraordinario dedicado al Complejo subterráneo de "Ojo Guareña" (prov. de Burgos)" (4). En él se hace balance de los descubrimientos realizados hasta ese momento, se describe el emplazamiento geológico y sobre todo se describe la morfología subterránea y la génesis de los principales elementos conocidos del karst que por entonces eran:

- Sumidero de Ojo Guareña.
- Cueva de San Bernabé.
- Cueva de Cubía.
- Complejo Palomera-Dolencias.
- Sima de Covaneria.
- Cueva de Cornejo.
- Cueva de La Torcona.

Se precisan las zonas de recarga del Karst situándolas en el Circo de San Bernabé por el Sumidero del Guareña y en las pérdidas difusas del río Trema antes de que su cauce entre en el cañón excavado en las calizas en las proximidades de Cornejo.



Fotografía 1.
Foto: Francisco Ruiz García

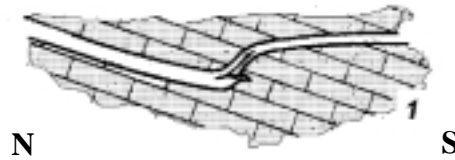


Fotografía 2.
Foto: Miguel A. Rioseras Gómez

Las dos zonas de recarga del Complejo de Ojo Guareña: el Circo de San Bernabé (arriba) y el Cañón del Trema (abajo).

(*) Posteriores trabajos situarán al Complejo en el tramo del Turoniense Superior hasta que el Mapa Geológico Nacional en 1978 precisa que el tramo Coniaciense Medio-Superior es un conjunto calizo-dolomítico que destaca morfológicamente en el paisaje, dando lugar a una cresta o "cejo".

Esquema genético de los Pisos 1º, 2º y 3º en el tramo N del Dédalo W. por "erosión directa"



1. Un tramo cualquiera de un conducto único por el que circula agua a presión hidrostática. Su sección es sinuosa y en un punto cualquiera (en este caso en la cota más baja) está comenzando a producirse una fracturación hidráulica aprovechando la conjunción de un plano de estratificación y una diaclasa.



2. La fracturación ha progresado, tomando luego la conjunción de dos diaclasas para crear por erosión directa un pozo. Al mismo tiempo que la fracturación tiende a progresar por la directriz primera.



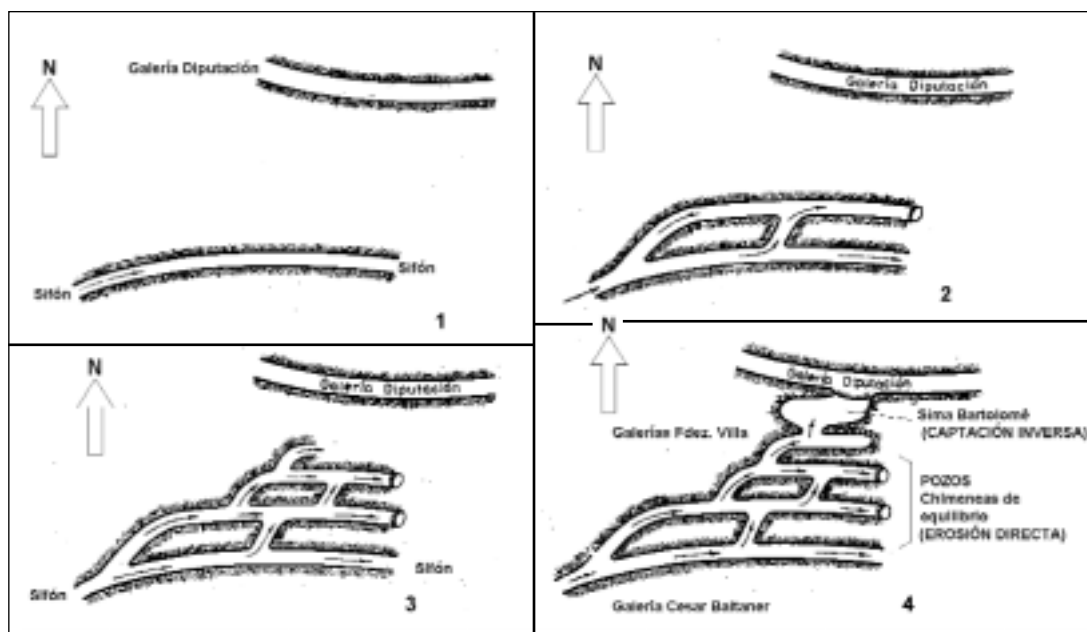
3 y 4. Mediante un mecanismo similar se producen pozos consecutivos, conjunto que al evolucionar va creando dos pisos unidos por pozos de erosión directa, sin perjuicio de que el conducto inicial y el final sean únicos. A cota más baja se vuelve a repetir el proceso creándose intercomunicación entre el piso 2º y 3º.



5. Una disminución brusca del caudal de aporte supone el abandono de los pisos 1º y 2º y las aguas del piso 3º circulan en régimen gravitacional. Se añade además un proceso clástico en la conjunción de los pisos 2º y 3º.

Tabla nº 1

Esquema genético de la formación por "Erosión directa" de las Galerías Battaner, Fdez. Villa y Sima Bartolomé en el tramo E. Más la "Captación Inversa" de la Galería Diputación ya formada.



(Ocurre sobre un plano de estratificación buzando 15° al Sur)

Tabla nº 2

Historia hidrogeológica

Periodo Antiguo	El río Guareña se sume por Palomera y probablemente por Cueva Cubía y resurge por Covaneria.
Ciclo Principal	El relieve evoluciona y se crea el Circo sumiéndose el Guareña por la cueva de San Bernabé. Los caudales son muy elevados producidos por los deshielos de los glaciares del Castro Valnera. El río Trema excava su cañón. Se crea la Galería Principal drenando al E. y la Galería de los Italianos hacia el S., evacuando respectivamente por Cueva Cornejo en el Cañón del Trema y por la Torcona. Covaneria deja de funcionar como Surgencia. Sucesivamente por los mecanismos de erosión directa se crean los diferentes niveles uniéndose por captación inversa los conductos ya creados.
Periodo Actual	Los caudales de alimentación disminuyen drásticamente y los niveles abandonan los conductos que funcionaban en el periodo anterior. El Guareña se pierde por el actual sumidero y el Cañón del Trema pasa a ser una zona de recarga. Sólo quedan anegados los niveles más inferiores del enrejado y la evacuación del sistema se efectúa aguas abajo de la Torcona. Se crea la Sima Dolencias por hundimiento favorecido por la infiltración del arroyo de Villamartín.

Tabla nº 3

También se determinan las zonas de resurgencia aguas abajo de la Torcona al reaparecer el caudal paulatinamente por el lecho del Trema. Sitúa a la Torcona y el cauce del Trema alineados sobre el Anticlinal de Villamartín, pliegue que delimita al karst por el Sur.

Por otro lado, estudiando las huellas de corriente, determina dos sentidos de drenaje hídricos: Hacia el sur, que se resuelve desde el Dédalo Oeste hacia la Galería de los Italianos. Y hacia el Este, que partiendo igualmente desde el Dédalo, progresa a lo largo de la Galería Principal y llega al Sifón Terminal del que luego se llamará Sector Este-Huesos. Además se predice la existencia de un nuevo eje hacia el Este que permitiría la conexión entre la Galería de los Italianos y la Surgencia Torcona.

Morfológicamente distingue en el Dédalo Oeste y en el eje Palomera Dolencias cuatro niveles. El más alto topográficamente no es importante pero genéticamente supone el primer episodio en la historia del complejo. Sucesivamente se citan el 1er Piso, 2º Piso y 3er Piso, constituidos por conjuntos de galerías claramente diferenciadas en profundidad.

Genéticamente explica la formación de los diferentes niveles mediante el mecanismo de la "Erosión directa" (tabla nº 1) y en algún caso, la "Captación inversa", (tabla nº 2), presentando sendos esquemas genéticos para la zona norte del Dédalo Oeste y el Sector Este.

La historia genética del complejo (tabla nº 3) la resume en tres grandes etapas de los cuales la 1ª ó Periodo Antiguo, apenas si ha dejado rastro. La 2ª Etapa o Periodo Principal es el responsable de la morfología actual. En el Periodo Actual, hay un abandono hídrico, quedando los ríos Trema y Guareña como alimentación del acuífero instalado en el Sinclinal de La

Mesa, desaguando por las surgencias situadas lo largo del cauce del Trema funcionando la Torcona como resurgencia en las grandes avenidas.

1966. Se fuerza un caos de bloques en el Laberinto Vitoria, límite hasta entonces por el sur de la red de conductos del complejo y se descubren las Galerías del Hambre y del Aburrimiento (Segunda Axial), que supone la prolongación morfológica del Dédalo Oeste hacia la Torcona.

Aparece en Geo y Bio «Karst» en su número 9 (5), el artículo "Comportamiento físico-químico del Complejo Palomera-Dolencias. (Ojo Guareña. Burgos)", definiéndose como una toma de contacto que sirva como base para posteriores ampliaciones.

En este estudio se analizan las medidas realizadas en dos series, entre los años 1958 y 59, en 6 puntos de la cueva que van desde el cauce del Guareña hasta el Sifón Terminal de la Galería de la Esperanza.

Las medidas tienen un carácter climático y químico. De los datos obtenidos a partir de la temperatura seca o ambiente y la temperatura húmeda o de saturación adiabática, se observa que en los 21,5 Km. las temperaturas varían entre los 10,3°C y los 11,2°C y la humedad relativa entre el 100% y el 98,5%. El contenido calórico de la cueva (entalpía) es prácticamente constante constituyendo una isozona con unos valores que oscilan entre 5,47 y 5,43 Kcal/m³. Excepto en el tramo Palomera-Dolencias, descarta circunstancias que alteren la climatología interna (los intentos de construir un túnel desde Covanería fueron infructuosos y la Sima de Huesos no sería desobstruida hasta el año siguiente).

La morfología de la galería principal entre Dolencias y Palomera, cuyo suelo está pavimenta-

do con abundantes lajas de roca caída del techo por la descalcificación, es justificada por un mecanismo climático: La humidificación del aire que penetra en la caverna por termocirculación produce un enfriamiento del aire que hace que se supere el límite de saturación del vapor de agua y comienza la condensación, parte del anhídrido carbónico presente en el ambiente se diluye en el agua condensada formando una solución diluida de ácido carbónico que da un carácter corrosivo a la gota de agua formada.

Se topografía la Cueva Torcona que casi alcanza los 2 Km. de desarrollo.

1967. La topografía del Complejo alcanza los 26.480 metros.

1968. Se consigue la comunicación entre Cueva Cornejo y el resto del complejo alcanzando la topografía los 32.178 metros.

1969. Se descubre una zona de grandes salas en el Dédalo Oeste a partir del nivel de la Galería del Teléfono y de la Sala del Cacique: las correspondientes al Primer Piso como antiguas formas de recarga del Guareña, y los niveles superiores a este Primer Piso, caracterizados por su gran evolución en volumen (Sala de Huellas y GEBU) constituyen un nuevo nivel situado entre el conocido como Primer Piso y el más antiguo de la Cueva de San Bernabé.

En el Boletín Geológico y Minero se publica el artículo "Mecanismos sobre la Corrosión en el karst y su repercusión en la geodinámica kárstica" (6). En el se ponen de relieve algunos aspectos de varios mecanismos que afectan a la corrosión de calizas y rocas afines desde un punto de vista físico-químico.

Comienza la exposición con el mecanismo de Corrosión Clásica. La caliza es una roca práctica-

mente insoluble puesto que a 17°C un litro de agua pura sólo puede disolver 15 mg de caliza. Sin embargo el CO_2 existente en la atmósfera es parcialmente disuelto en el agua de lluvia que adquiere un carácter de solución ácida de ácido carbónico, H_2CO_3 , cuyo pH se hace más inferior a 7 cuanto más CO_2 disuelto contenga. De esta manera el poder disolvente del agua sobre la caliza aumenta para formar bicarbonato cálcico según la reacción:



Reacción fundamental de la karstología que explica tanto el fenómeno de la corrosión como el de reconstrucción o recristalizaciones.

Por otro lado la influencia de la temperatura es importante puesto que cuanto más baje la temperatura de la solución ácida más se favorece la disolución.

El siguiente mecanismo de corrosión al que se pasa revista es el de oxidación-reducción. En este caso el O_2 atmosférico se disuelve en el agua de lluvia aumentando su poder oxidante paralelamente con el corrosivo. Así por ejemplo para diferentes carbonatos como la dolomita, MnCO_3 , se obtiene por oxidación del manganeso un residuo negro de bióxido de manganeso hidratado; o como la siderita, FeCO_3 , en donde el hierro se oxida y se obtiene limonita, de color pardo-rojiza.

Cuando se superponen la corrosión clásica y la oxidación se produce una liberación en cadena de CO_2 con lo que aque-

lla se ve potenciada.

Otro mecanismo en el que el poder corrosivo del agua se ve aumentado ocurre por mezcla de aguas, dicho de otra manera, cuando se mezclan dos aguas corrosivas diferentes resulta un agua con mayor capacidad corrosiva que las primeras. Esto ocurre en la zona freática, sea tanto en la de fluctuación como en la de saturación.

La corrosión climática se produce cuando el agua procedente de un cambio de estado, fusión del hielo o condensación del vapor de agua, se carga de CO_2 , siendo este mecanismo, como ya se explicó, el causante de la morfología de la Galería Principal de Ojo Guareña.

Seguidamente, por medio de un complejo aparato matemático, se aborda el aspecto hidrodinámico, es decir como el agua escoge determinadas fisuras para seguir su camino a través de la roca.

Inicialmente el agua circula por fisuras estrechas desarrollándose la acción disolvente en un flujo laminar. El punto crítico ocurre cuando la fisura se ensanche y el flujo se haga turbulento, entonces las fisuras que tengan mayor anchura y estén sometidas mayor gradiente hidráulico podrán generar cavernas. A partir de este punto se habla de una corrosión reogénica, es decir una corrosión motivada por el flujo, cuya principal evidencia son las huellas de corriente^(*).

Para ilustrar todos estos mecanismos, se proponen una serie de ejemplos, entre los que se encuentran las huellas de corriente y ciertas formas debidas a la corrosión producida por la mezcla de aguas que se encuentran en la Galería del

Teléfono (Dédalo Oeste) y en las zonas vadasas de la Galería de Italianos (Segunda Axial).

1970. En "Notas para el estudio de la Segunda Axial del Complejo Kárstico de OJO GUAREÑA (Burgos)" (7). Una vez se culminó la exploración de la Segunda Axial en el Sifón Terminal del Aburrimiento a 1.500 metros de la Cueva Torcona, se describe la morfología de la Segunda Axial destacando el hecho de que su desarrollo es casi horizontal, adaptada al eje del anticlinal y generada en la intersección del nivel freático, siendo actualmente zona de fluctuación.

En una visión general del aparato hidrológico explica que la estructura geológica adopta una forma de cubeta en donde se aloja un reservorio de aguas.

1971. Se desarrolla la expedición "50 Kms bajo tierra". Durante unos trabajos de revisión tras la citada operación se descubre el Sector Dulla. Las galerías vadasas del Sector Dulla, Río de los Erizos y Galería de Pedro Botero, constituyen otra zona de infiltración del Guareña en el ámbito del Circo de San Bernabé completamente diferenciada del Dédalo Oeste.

1972. Con motivo de los 20 años de exploraciones espeleológicas en la provincia de Burgos se edita una publicación (8) que expone el estado de la topografía hasta ese momento anunciando que el total de la espeleometría raya los 50 Km.

Se establece la organización topográfica del complejo en seis sectores, Dédalo Oeste, Sector Central, Sector Este, Segunda Axial, Sector Resurgencia y

^(*) Hoy en día se ha demostrado experimentalmente que los "SCALLOPS" o huellas de corriente son producto del flujo del agua, definen el sentido de circulación y matemáticamente se puede deducir la velocidad del flujo que las generó a partir de la longitud de la huella.



Fotografía 3.
Foto: Miguel A. Martín Merino



Fotografía 4.
Foto: Fernando Pino Páramo

Los cauces activos del río Guareña, "Tercer Piso" (arriba) y del río Trema, "Río de Cueva La Mina" (abajo)

Galerías Dulla. El apéndice de esta publicación propone la necesidad de establecer un programa de trabajo para conocer, primero las cotas de los niveles de agua y segundo, conocer la fluctuación de esos niveles mediante el establecimiento de una serie de estaciones de control de las fluctuaciones.

1974. La tesis doctoral titulada "La transformación de un espacio rural: las Montañas de Burgos. Estudio de Geografía regional" (9), amplio estudio morfológico, climático y botánico que se extiende a 1.900 Km² de la provincia de Burgos situados al Norte del río Ebro, dedica sendos apartados a las perforaciones cataclinales de Cornejo y Hornillalastra y a las formas kársticas de Sotoscueva.

El eje sobre el que se estructura la geomorfología de Las Montañas de Burgos es el Gran Sinclinal de Villarcayo y en concreto su flanco norte es el que adquiere especial protagonismo en el relieve dado por su carácter de cuesta monoclin. La continuidad de la gran cuesta, cuyo frente se puede seguir por los Valles de Valdeporres, Sotoscueva y Mena, se ve alterada por la presencia de perforaciones cataclinales producidas por los aportes procedentes de la vertiente sur de la Divisoria Cantábrica. Incluso se llega a producir una desaparición de la cuesta en las proximidades de Espinosa de los Monteros, por la debilidad tectónica provocada por la intrusión salina del diapiro de Rosío enfrentada al valle glaciar del río Trueba.

En contraposición con la gran amplitud del boquete del Trueba, las perforaciones del Trema en

Cornejo y del arroyo de Hornillalastra tienen un agudo perfil en V, en los que buena parte de su génesis se debe a los procesos de disolución. La penetración de los caudales de deshielo en la masa caliza se ve alterada al alcanzar la red de conductos kársticos, mucho más acusada en el caso del Trema, provocando la total desaparición del caudal.

En el caso del río Guareña, aporte más occidental, el caudal de deshielo es menor, y desde una corriente superficial antigua, que discurría por el reverso de la cuesta, los procesos de disolución hacen evolucionar hacia niveles subterráneos cada vez más profundos, a la vez que en el relieve se excava un valle ciego en cuyo fondo actualmente se sume el Guareña.

La presencia de un exokarst (formas superficiales) y un endokarst (fenómenos profundos), que se hacen extensivos a todo el Flanco Monclinal*, se deben a una litología adecuada y a una preparación tectónica asociada al diapiro de Salinas de Rosío, que se materializan en una serie de pliegues que afectan al cierre periclinal del Sinclinal de Villarcayo. Esta forma periclinal se convierte en receptáculo privilegiado que conduce las aguas hacia el almacén que supone el sinclinal del "ombli-go" de Cornejo efectuándose la evacuación por la Torcona.

1976. Se comienza la revisión topográfica del complejo.

1977. Paralelamente a los trabajos topográficos en el Dédalo y Dulla se consolidan los trabajos en los sumideros del Cañón del Trema y se inicia la exploración y

(*) Caso de los karsts de Monte Santiago, Sierra Salvada, Sierra de la Carbonilla y Montes de La Peña que son las denominaciones que recibe el Gran Flanco Monoclin en su parte oriental.

topografía de Cueva La Mina. La red de conductos se extiende más allá del corte en las calizas que supone el Cañón.

1978. Se inicia un estudio sobre la génesis de los pendants.

Prosiguen los trabajos topográficos en la red principal extendiéndose a cavidades no conectadas como Cueva La Mina (Cañón del Trema) y Sima de Rizuelos (Sector Dulla).

1979. Fruto de los trabajos topográficos en el Cañón del Trema se une Cueva Cornejo con la cueva de Los Cuatro Pisos.

1980. La actividad de exploración y topografía es intensa. Se descubre en Cueva La Mina un curso hídrico activo muy por debajo (33 metros) del cauce del Trema.

Se redacta el documento "Datos para el proyecto de investigación hidrogeológica del Complejo Kárstico de Ojo Guareña. Merindad de Sotoscueva. (Burgos) (10). En él se recogen todo tipo de informaciones de carácter hidrogeológico: memorias, programa, datos pluviométricos, aforadores y estaciones de aforo; pudiendo considerarlo como un "plan director" con el fin de establecer el balance hidráulico, estimar los recursos del acuífero y conocer la dinámica y las respuestas del acuífero.

En el VIII Simposium de Espeleología se expone el "Estudio de los pendants. Un modelo sobre su génesis en Ojo Guareña" (11).

En él se propone una interpretación genética de esas formas de disolución con el siguiente modelo evolutivo: se produce un rápido relleno de galerías por grandes masas de sedimentos, depósitos de tipo turbidítico con gran energía consecuencia de intensas avenidas. La reiteración de este fenómeno puede llegar a obturar los con-

ductos, con lo que la circulación se dirigirá hacia las zonas débiles que coinciden con las zonas superiores de las galerías. El paso del agua entre el sedimento y la caliza fuerza la disolución de la última comenzando la génesis de los conductos de techo y la consecuente formación de pendants.

Producto del súbito deshielo en las nevadas cumbres de los Montes del Somo se producen crecidas en los ríos Trema y Guareña. El Trema supera el cañón y pasa por Cornejo produciendo importantes daños (el puente de piedra de arcos de medio punto desaparece). Por su parte en el Circo de San Bernabé el Sumidero es incapaz de drenar el caudal y se produce la inundación del fondo del valle. Poco tiempo después se produce un leve hundimiento en el piedemonte del Circo que afectaría a la fachada de la Ermita, las escaleras y gradas situadas en la campa de San Bernabé.

1981. Se logra comunicar acústicamente la Cueva de San Bernabé con la red principal de conductos en el Dédalo Oeste. También la mayoría de los sumideros del Trema quedan unidos a la red principal al conectar topográficamente con Cueva Cornejo. Se descubre al Este del pueblo de Cornejo la Sima Jaime que, sin comunicación con Cueva La Mina, prolonga morfológicamente los conductos de aquella hacia el sudeste. Las Diaclasas, Cueva La Mina y la Sima Jaime estructuran el llamado Sector Oricedo.

En el "*Planteamiento general del Catastro Espeleológico de Burgos*" (12) se pretende crear unas bases metodológicas para el estudio del karst en la provincia de Burgos, por lo que, como punto de partida se realiza una zonificación en **Zonas Espeleológicas**, del territorio provincial. Con un crite-

rio fundamentalmente hidrogeológico se establecen 12 zonas, definiendo zona como un sector del territorio, de carácter kárstico, o susceptible de serlo (con áreas aleatorias y marginales que pueden no serlo) dentro de las cuales deben estar comprendidas una o varias vertientes hidrogeológicas completas en un mismo macizo montañoso y que se halle bien definida y delimitada por medio de fenómenos geomorfológicos de gran envergadura, ríos y valles.

Según ese criterio Ojo Guareña, se sitúa en la **Zona X**, que materializa principalmente al Flanco Monoclinal del Sinclinal de Villarcayo, **Subzona C**, y en las **Partidas 1 y 2** que comprenden respectivamente, el sur de Sotoscueva y Bedón

1982. Se inician los trabajos de revisión topográfica en la Resurgencia Torcona junto con los trabajos de catalogación de todos los puntos de emisión del acuífero. El Sector Resurgencia está formado principalmente por el Conjunto Surgente del Km. 8, situadas en el subálveo del Trema y únicas resurgencias en el estiaje, Fuente del Torcón, Resurgencia-Sumidero y La Torcona como último trop-plein.

Se establece comunicación entre los Sumideros del Trema y la red activa de Cueva La Mina, este hecho supone que el Cañón del Trema no representa un corte total en la red de conductos y obliga a modificar los límites de las zonas geomorfológicas del Catastro Espeleológico de Burgos.

1983. Se descubre una nueva red, llamada "Félix Rodríguez de la Fuente" de carácter vadoso, en el Sector Este-Trema.

1984. Con vistas a la realización de la publicación monográfica sobre Ojo Guareña se realizan dos coloraciones con fluoresceína dentro del proyecto de investiga-

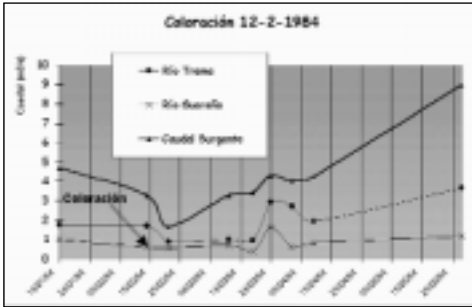


Gráfico n° 4

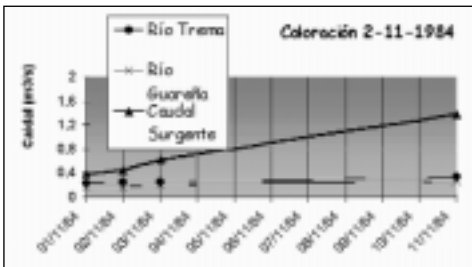


Gráfico n° 5

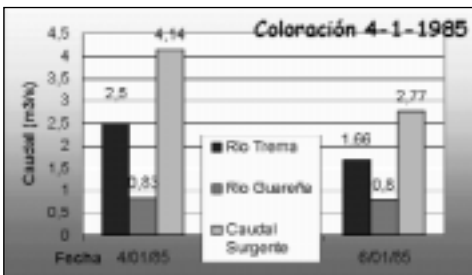


Gráfico n° 6

ción hidrogeológica del Complejo. La primera se realizó el 12-02-1984 (gráfico n° 4), en periodo de aguas altas, y en ella se vertieron 8 Kg del colorante durante una hora en el Guareña, que aportaba un caudal de 0,63 m³/s. El Trema por su parte introducía 1,74 m³/s. El caudal que resurgía, incluyendo los trop-plein de Torcona y Torcón, se estimó en 3,3 m³/s. La mancha se detecta a las 28 horas resultando una velocidad de paso de 4,97 km./día.

La segunda coloración se realiza en periodo de estiaje el 2-11-1984 (gráfico n° 5) vertiendo 3,2 Kg de colorante en el Guareña (0,16 m³/s). Previamente a los sumideros del Trema se median 0,25 m³/s. La mancha se detecta a las 96 horas resultando una velocidad de paso de 1,45 km./día resurgiendo 0,62 m³/s.

Por otro lado se conecta el Sector Dulla con la Segunda Axial al forzar niveles de fluctuación estacional en la llamada Galería del Consejo de Ancianos. De esta manera se descubre como el caudal del Guareña que circula por los niveles inferiores del Sector Dulla se dirigen hacia el Este (Sector Resurgencia).

También en el Sector Este-Huesos se progresa por niveles de fluctuación en las Galerías Lancaster, perfilando otro eje de circulación subterráneo desde las Char-

cas (Tercer Piso del Dédalo Oeste).

1985. Se inician los trabajos topográficos de levantamiento de perfiles.

Se realiza una tercera coloración. Esta vez el trazador se vertió en el río Trema un kilómetro antes de las Diaclasas en el Cañón del Trema (gráfico n° 6).

La mancha aparece 21 horas después en el Torcón lo que supone una velocidad de paso de 4,11 Km/día. Al cabo de 2 horas el trazador aparece por la Torcona (situada 1Km antes que el Torcón) dando una velocidad de paso de 3,11 Km/día.

Se expone a continuación una tabla (Tabla n° 7) donde se recogen los resultados de las tres coloraciones.

Por otro lado los intentos de unir el sifón terminal de la Galería del Aburrimiento con la Resurgencia Torcona, mediante el uso de técnicas de espeleobuceo, resultan infructuosos.

1985-1986. Aparece en Kobie, Serie Ciencias Naturales n° 15, el "Método de Predicción de las direcciones principales de drenaje del karst" (14). Se parte de la base de considerar los acuíferos kársticos como una red tridimensional de conductos desarrollados en una roca soluble, que no necesariamente ha de ser carbonatada. Al contrario de los acuíferos cuya

Coloración	Fecha	Periodo	Caudal Guareña	Caudal Trema	Caudal surgente	Tiempo (horas)	Salida	Distancia (Km.)	Velocidad (Km/día)
Sumidero del Guareña	12/2/84	Aguas altas	0,63	1,74	3,3	28	Torcón	5,8	4,97
Sumidero del Guareña	2/11/84	Aguas bajas	0,16	0,25	0,62	96	Torcón	5,8	1,45
Río Trema	4/1/85	Aguas altas	0,83	2,50	4,14	21	Torcón	3,6	4,11
						23	Torcona	3,0	3,13

Tabla n° 7

permeabilidad se establece por permeabilidad intergranular, la elevada transmisividad de los acuíferos kársticos se crea por la ampliación por disolución de fisuras distribuidas en direcciones privilegiadas, situación que da a estos acuíferos un carácter anisótropo.

El objetivo del método es predecir cuales son las direcciones preferentes sobre las que se efectúa el drenaje del acuífero, es decir aquellas direcciones en las cuales el proceso de disolución es mayor (karstificación). Para conseguir ese objetivo se definen dos hipótesis, que resumiendo son:

1°. Existe una predisposición o preparación tectónica del medio kárstico (la roca) que de alguna manera esboza las direcciones de la red tridimensional de conductos.

2°. Las direcciones con más probabilidades son aquellas que coinciden con las direcciones de los planos que definen los rastros dejados por las deformaciones permanentes producidas en la masa rocosa, llamados tectoglifos, y que son las venas de calcita, los estilolitos y las fallas.

Apoyándose en leyes de la Geología Estructural, Resistencia de Materiales y de la Estadística se consigue una Ley de Distribución de Probabilidades de desarrollo de los conductos para cada karst, que puede ser comparada con la Ley de Distribución direccional real obtenida de la topografía.

En ese trabajo el Método de Predicción es aplicado a 10 medios kársticos situados en España, entre los cuales se encuentra Ojo Guareña, llegando a la conclusión de que se llegan a grados de aciertos plenos o muy altos en un 80% de los casos.

1986. 20 años después del infructuoso intento de conectar Covanería con la Sima de Huesos excavando en un laminador al final de la primera se redacta el

"Estudio geofísico en el Complejo Kárstico de Ojo Guareña. Aplicación al Sector Este. Área de Covanería. Cornejo. (Burgos)" (15). El objetivo es el mismo: la búsqueda de un acceso fácil al Sector Este, sector de la cueva que podría albergar un recorrido turístico visible por el público.

El método escogido, llamado de Bristow, consiste en medir la resistividad del terreno a lo largo de varios puntos situados sobre una línea. Si existiese un hueco en la roca, la alteración en la medida de la resistividad es acusada desde los diferentes puntos de la línea pudiéndose definir la posición de la caverna que ocasionó esa alteración.

Los resultados parecen resaltar un escalón en el perfil de resistividades que puede ser motivado por una falla. También evidencian la presencia de cavidades, de amplia sección (10 x 5 metros), así como otros conductos colmatados, situadas entre la alineación de la Sima Huesos y Covanería.

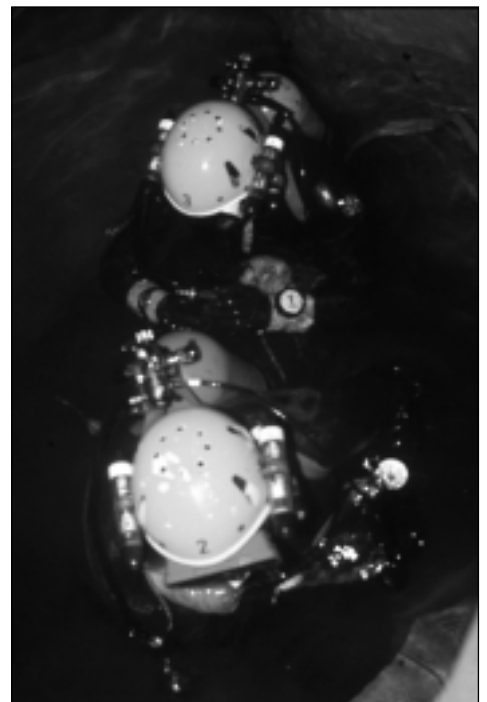
Para apoyar la resolución se ensaya el método sobre conductos conocidos y en sus conclusiones expresa la conveniencia de entender los resultados como una zona de máxima probabilidad de existencia de conductos.

Se celebra en Barcelona el Congreso Internacional de Espeleología y Ojo Guareña es sede de uno de los actos post-congresuales.

Para la ocasión ve la luz el número 4-5 de la revista Kaite, Estudios de Espeleología Burgalesa "Monografía sobre Ojo Guareña" (16). Compuesto de dos volúmenes, el primero recoge un amplio trabajo de descripción global del karst así como una catalogación y descripción de los diferentes sectores en los que se divide el área geomorfológica en la que se encuentra la red principal de



Fotografía 5.
Foto: Francisco Ruiz García



Fotografía 6.
Foto: Francisco Ruiz García

Trabajos de exploración en los Sifones Terminales de la Galería del Aburrimiento (arriba) y de la Surgencia Torcona (abajo).



Fotografía 7.
Foto: José Luis García Martín



Fotografía 8.
Foto: Jesús Ignacio Robador Bernal

El Sumidero "Ojo del Guareña" (arriba) y los Sumideros del Trema (abajo).



Fotografía 9.
Foto: Miguel A. Martín



Fotografía 10.
Foto: Jesus Crespo González

galerías (El trabajo se extiende a toda la zona X.C del Catastro Espeleológico comprendida entre el Valle de Sotoscueva y los ríos Nela y Trueba, tanto el flanco Norte como el sur del Sinclinal de Villarcayo entre su cierre al Oeste y el Diapiro de Rosío al Este).

El segundo volumen de la monografía está compuesto por la cartografía de la red principal de galerías, sumando un total de 89.000 metros, y aquellas cavidades que conforman una unidad morfológica con aquella

El complejo lo forman 18 cavidades principales y está estructurado en dos axiales:

La **AXIAL NORTE**, constituida de Oeste a Este por los sectores:

- Dulla-Rizuelos, que consta de seis niveles topográficos.
- Dédalo Oeste, formado por seis niveles.
- Sector central, dos niveles.
- Sector Este-Huesos, cuatro niveles.
- Sector Oricedo.

La **AXIAL SUR**, queda constituida por:

- Segunda Axial.
- Sector Resurgencia.

La red de conductos se instala en el tramo calizo dolomítico del Coniaciense Medio-Superior dispuesto sobre margas del Coniaciense Inferior-Turoniense.

Estructuralmente las citadas

AXIALES se disponen respectivamente al Norte y Sur del eje del Sinclinal de la Mesa. Pliegue que afecta al cierre periclinal del Gran Sinclinal de Villarcayo adoptando una vergencia hacia el Este.

Desde el punto de vista hidrogeológico constituye un acuífero kárstico en el que se distinguen:

- Dos zonas de recarga de aguas alóctonas, el circo de San Bernabé, desde donde el Guareña circula en régimen vadoso por los niveles inferiores del Sector Dulla (Río de los Erizos) y del Dédalo Oeste (Tercer Piso) para alcanzar el nivel freático. Y el Cañón del Trema, en donde el río Trema se pierde a lo largo de los sumideros situados en ambas márgenes del cañón, para alcanzar casi inmediatamente el nivel freático bien hacia el Sector Oricedo en donde se puede seguir el curso subálveo durante un corto desarrollo en el Río de Cueva La Mina. O bien hacia el Sector Este Huesos ya que se observan en los niveles inferiores vadosos de Cueva Cornejo y de algunos sumideros, huellas de corriente que indican ese sentido de flujo.

- Una zona de recarga de aguas autóctonas desde el Oeste materializada por el Páramo de Villamartín, situada sobre el cierre periclinal del Sinclinal de la Mesa. El agua infiltrada es drenada prin-

La Sima Dolencias como sumidero



Fotografía 11.
Foto: Francisco Ruiz García

principalmente por los conductos de la Sima Rizuelos y las aguas de escorrentía superficial por el arroyo de Villamartín que las conduce a la Sima Dolencias.

- Una zona saturada situada entre ambas AXIALES donde se realiza la circulación del acuífero, favorecida por la vergencia hacia el Este del Sinclinal de la Mesa. Así los sifones meridionales de la Axial Norte y los terminales de la Segunda Axial y de La Torcona constituyen piezómetros naturales de la zona inundada.

- Una zona de descarga, la cual se produce a lo largo del subálveo del Trema situado en la prolongación de la Falla de Villamartín, fractura que afecta al flanco sur del Sinclinal de la Mesa.

1990. Se comienzan los trabajos de revisión de la Sima Rizuelos con el claro objetivo de unirla topográficamente al resto del complejo.

1991. Durante el periodo de estiaje se miden los caudales de los aportes al acuífero, río Guareña y río Trema, y del caudal resurgente, paralelamente se toman valores de temperatura y precipitación durante ese periodo. Los valores obtenidos del caudal resurgente se ajustan casi perfectamente a una curva de tipo exponencial (Curva de Maillet), hasta

que las precipitaciones comienzan a influir en la tendencia descendente de la curva. (gráficos nº 8, nº 9 y nº 10)

1992. Se logra enlazar la Sima Rizuelos con el Sector Dulla. De esta manera se extiende el complejo hacia el oeste. Los conductos de Sima Rizuelos constituyen el colector de las aguas que se recogen en el Páramo de Villamartín. Los niveles bajos entran en funcionamiento estacional como es el caso de la Galería de las Marmitas, nexo de unión con el Sector Dulla. La topografía alcanza los 98.000 metros.

1993. En el verano se toman muestras de diferentes parámetros físico-químicos de las aguas que entran, discurren y salen del acuífero con el fin de obtener el comportamiento hidroquímico del complejo.

En un informe pluridisciplinar (17) sobre la viabilidad turística del karst se reitera la necesidad de la investigación hidrogeológica en de Ojo Guareña, proyecto que sería pionero en España.

1994. Se redacta el "Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Espacio Natural de Ojo Guareña" (18) en el que se definen los regímenes termométricos y pluviométricos del Karst basados en los datos obtenidos de las esta-



Fotografía 12.
Foto: Miguel A. Martín Merino

La Resurgencia Torcona y sus zonas vadosas.

ciones de Villarcayo, Quisicedo, Quintanilla del Rebollar y Quintanilla Valdebodres.

Climáticamente la zona de estudio queda definida como un área de transición entre el clima mediterráneo con matices continentales propios del interior de Castilla, y el clima característico de la montaña oceánica.

El periodo invernal es largo y riguroso siendo 6 los meses con una temperatura media inferior a los 10°C. Los días de helada al año se sitúan en 80 aunque el periodo de probabilidad de helada se extiende a 210 entre los meses Octubre a Mayo.

Los veranos son cortos y templados sin llegar a los 20°C de media, aunque en los meses de Julio y Agosto las temperaturas

máximas absolutas pueden llegar a los 35°C aunque en esos mismos meses las mínimas pueden estar en 4 ó 5°C dando idea de las fuertes oscilaciones térmicas.

Las precipitaciones son abundantes superando las tres estaciones cercanas al karst los 1.000 mm anuales. En la tabla adjunta (tabla nº 11) se presentan las precipitaciones medias registradas.

1995. Se comienza a redactar la memoria de "Delimitación de las unidades hidrogeológicas de la cuenca del Ebro (Plan Hidrológico)"(19). Con los criterios del Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro (PHCE) se definen 8 Dominios Hidrogeológicos o ámbitos territoriales circunscritos por límites estructurales o hidrológicos netos, de dimensión regional, y con rasgos comunes desde el punto de vista geológico y/o hidrogeológico. El dominio hidrogeológico por el que discurre el curso del Ebro en la provincia de Burgos es el Dominio Vasco Cantábrico, caracterizado por las formaciones carbonatadas karstificadas, del Cretácico superior y Eoceno, en estructuras sinclinales, como el de Villarcayo, o en parceras, como La Lora, Urbasa. Andía, Loquiz y Aralar. Y que corresponden a los Sistemas Acuíferos definidos por el Instituto Tecnológico Geominero de España, 64, Cretácico de la Lora y Sinclinal de Villarcayo, 65, Paleoceno del Condado de Treviño y Mesozoico de la Sierra de Cantabria, 66, Paleoceno de la Sierra de Urbasa y 07, Calizas Mesozoicas de Aralar.

A su vez este Dominio Hidro-

geológico engloba a 16 Unidades hidrogeológicas, uno o varios acuíferos agrupados a efectos de conseguir una racional y eficaz administración del agua. La agrupación se realiza siguiendo criterios hidrogeológicos cuyos límites corresponden a líneas estructurales, contactos litológicos, o divisorias hidrogeológicas bien definidas, que permiten plantear su balance hídrico. Las unidades hidrogeológicas que se emplazan en la provincia de Burgos son:

- Páramos de Sedano y Lora, código 09.01.02
- Sinclinal de Villarcayo, código 09.01.03
- Montes Obarenes, código 09.01.04
- Sinclinal de Treviño, código 09.01.05
- Calizas de Subijana, código 09.01.06
- La Bureba, código 09.01.24.

Concretando, la unidad hidrogeológica Sinclinal de Villarcayo abarca las cuencas de los ríos Nela, con sus afluentes Trema y Trueba, Jerea y Omecillo, además del Ebro que constituye el límite sur de la unidad.

El Cretácico Superior (codificado como 09.01.03.04) es el acuífero más importante de la unidad, constituido por:

- Calcarenitas bioclásticas del Santoniense medio-superior o "Calizas con Lacazinas".
- Calizas dolomitizadas del Turoniense medio-superior.
- Calizas y dolomias del Coniaciense-Campaniense o "Calizas de Subijana".

Estas dos últimas litologías son equivalentes lateralmente y

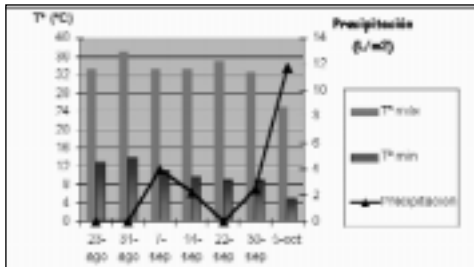


Gráfico nº 8

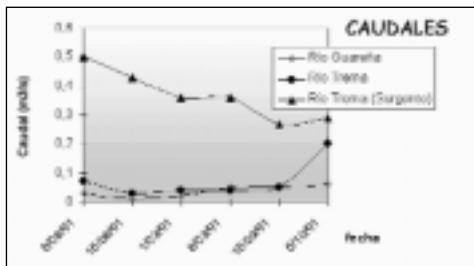


Gráfico nº 9

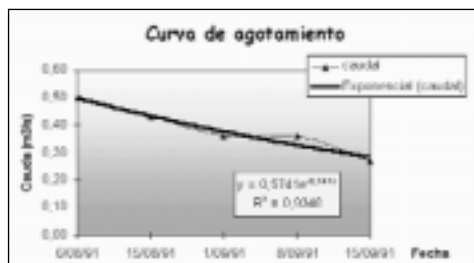


Gráfico nº 10

(mm)	Enero	Feb	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Octubre	Nov	Dic	Total	Altitud
Villarcayo	62,2	54,6	46	84,5	67,8	37,7	39,2	35,9	32,4	49,5	77,5	64	651,3	595 msnm
Q Valdeobres	206,7	107,1	104,5	109	62,6	69	71	33,6	65,3	78,5	104,2	132	1144	657 msnm
Quisicedo	178,2	116,2	108,9	101,1	97,6	40,7	45,5	40,6	42,9	118,4	119,9	163	1173	734 msnm
Q Rebolar	254,3	251,1	79,5	79,1	73,3	88	48	60,2	64,9	126,4	91,6	117	1334	960 msnm

Tabla nº 11

entre ellas se intercala una serie margosa conocida como "Margas con Micraster". La unidad está configurada como una gran cubeta sinclinal de dirección NO-SE, afectada por perturbaciones diapíricas, destacando en la unidad el diapiro de Rosío.

El Complejo kárstico de Ojo Guareña situado en el cierre periclinal supone una zona de circulación rápida, con recarga por infiltración directa de precipitación, del río Guareña, del río Redondo (Trema) y del arroyo de la Hoz descargando sobre la cabecera del río Trema.

1996. La Junta de Castilla y León declara Ojo Guareña Monumento Natural.

1998. Se edita "Atlas del medio hídrico de la provincia de Burgos". El documento (20) aborda, primero la fisiografía, población y edafología, para pasar después con la descripción geológica y la hidrología superficial.

La hidrogeología se presenta describiendo las unidades hidrogeológicas en las que se exponen la calidad de las aguas subterráneas, hidrodinámica, recargas, drenajes y balances hídricos de cada una.

1999. La exploración de laterales en los Sectores Dulla y Este permiten superar los 100 Km. de desarrollo.

2001. En el marco de las VI Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst se presentan los resultados de los muestreos realizados en el año 1993 (23) y una actualización de la predicción de las direcciones preferenciales de drenaje (24).

Se tomaron muestras de carácter físico y químico en 10 puntos del Karst (tabla nº 12)

Los parámetros físicos contemplados son: temperatura del agua, Ph, conductividad, Total

SUMIDEROS	SIFONES EN ENDOKARST	SURGENCIAS
P-6 Río Trema.	P-2 Sifón Terminal de Gº Sedimentos en el Sector Central.	P-1 Surgencia Global del Sistema. Subárea del Trema.
P-7 Río Guareña.	P-3 Sifón Terminal de Gº del Abucerramiento. Segunda Axial.	P-5 Surgencia del Tercón.
	P-4 Sima de Italianos. Sector Central-Segunda Axial.	
	P-8 Sifón Termina en Sima Bartolomé. Sector Huesos.	
	P-9 Sifón Terminal de Trema. Sector Este-Trema.	
	P-10 Sala Guipuzkos-Tercer Paso. Río Guareña. Dédalo Oeste.	

Tabla nº 12

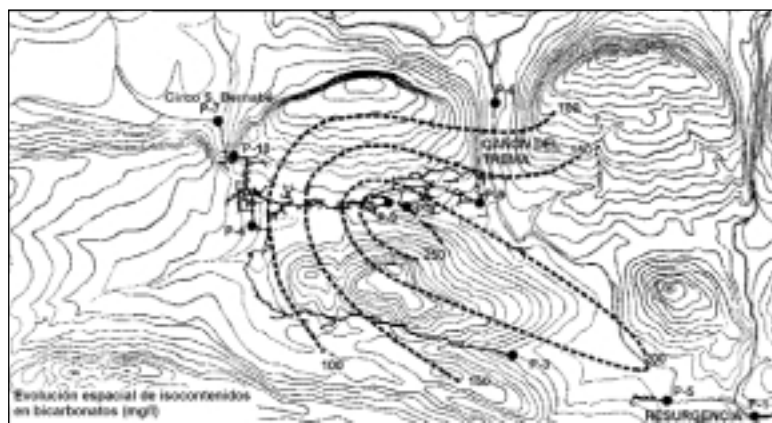


Gráfico nº 13

Sólidos Disueltos (TSD) y Sílice (SiO₂). Los parámetros químicos se refieren a los contenidos iónicos: catiónicos: Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ y K⁺; y aniónicos: Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, NO₃⁻.

Sobre la base de los resultados obtenidos se elaboran gráficos espaciales de isocontenidos de los parámetros más significativos como son bicarbonatos (gráfico nº 13), calcio, conductividad y TSD, observando que:

- La distribución espacial de todos los parámetros considerados mantiene tendencias muy parecidas en todos ellos.

- Hay aumento de los contenidos iónicos desde los sumideros hasta las surgencias.

- Existe un punto de máximos entre los Sifones de la Galería Sedimentos y Sima Bartolomé (P-2 y P-8). Se llega a la conclusión de que en este punto aumenta el tiempo de residencia del agua en el acuífero debido al efecto barrera que el flujo proveniente

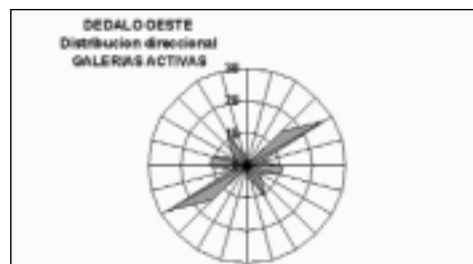


Gráfico nº 14

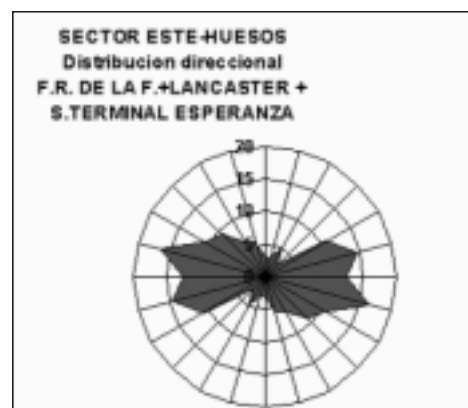


Gráfico nº 15

Nº de orden	Dirección	%
1ª	75-90	12,81
2ª	91-105	11,22
3ª	121-135	11,04
4ª	61-75	10,31
5ª	106-120	9,80
6ª	166-180	8,54
7ª	46-60	8,07
8ª	161-165	6,90
9ª	136-150	6,55
10ª	31-45	5,96
11ª	1-15	4,86
12ª	16-30	3,93

Tabla nº 16

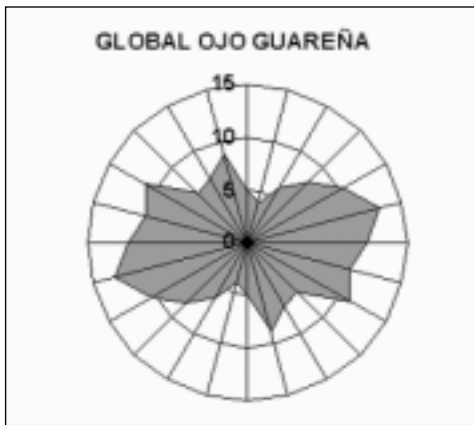


Gráfico nº 17

del Trema opone al caudal que viene del Guareña.

A MODO DE CONCLUSION:

Con los datos recopilados no hemos podido resistirnos a la tentación de esbozar el funcionamiento hidrológico y a estimar, sobre el papel, un balance hídrico; elementos que hemos recogido en un esquema (Gráfico nº 22).

En el esquema de funcionamiento hidrológico se han representado:

- Los sentidos de flujo, tanto en las zonas vadasas como los supuestos por debajo del nivel piezométrico. Sentidos definidos por la sucesión de los sifones situados a lo largo de las dos axiales principales o por mantener una tendencia direccional entre sifones extremos, como ocurre, por ejemplo, en el más septentrional entre la Galería de las Charcas (gráfico nº14), en los niveles activos del

Dédalo Oeste en la que la 3ª frecuencia direccional más importante es la N105-120E y las Galerías de Lancaster, niveles inferiores del Sector Este-Huesos (gráfico nº 15), en los que esa dirección es la principal.

Con relación a los intervalos de direcciones de los conductos topografiados (sin considerar las zonas laberínticas y las grandes salas) se ha observado la siguiente distribución (tabla nº 16 y gráfico nº 17).

Un análisis detallado de esta distribución, y sobre todo de un modo parcial en cada uno de los sectores y niveles, se sale del objetivo de este artículo pero a modo de ejemplo indicaremos que el intervalo N106-120E que es la quinta en importancia aplicando el total de conductos del complejo, adquiere mayor importancia si se tiene cuenta cada sector por separado y nos vamos desplazando hacia el Este.

- El límite de la zona saturada, en la que se indica la cota del nivel piezométrico, obtenida de los perfiles topográficos realizados (1986) y que posiblemente marquen los niveles más bajos. Por avatares de la exploración del complejo, nunca se han aprovechado los sifones como piezómetros y poder determinar la fluctuación del acuífero (8), aunque en numerosas ocasiones se ha podido constatar la rápida respuesta en la subida del nivel freático, ocasionando más de un susto a los exploradores. La rápida respuesta también se pudo constatar cuando se produjo un repunte del caudal surgente tras unas tormentas veraniegas (1991) que alteran la tendencia descendente de la curva agotamiento.

Como referencia de la superficie topográfica se tomará la definida por las bocas de las entradas de la AXIAL NORTE, Sima Rizue-

	Sumidero del Guareña	Sima Rizuelos	Sima Dolencias	Cueva Palomera	Sima de los Huesos
Altura (m.s.n.m.)	699	757	731	724,5	704

Tabla nº 18

Dédalo Oeste			
Sifón	Cota	Sifón	Cota
Perdida de "Tercer Paso"	631,5	Sifón de Italianos	623,5

Tabla nº 19

Primera Axial			
Sifón	Cota	Sifón	Cota
Qª de las Charcas	630	Qª de Lancaster	613
Terminal de La Esperanza	615	Rio de Curva La Mina	613

Tabla nº 20

Segunda Axial			
Sifón	Cota	Sifón	Cota
Paso Sifonable de Pedro Botero	611,5	Sifón Terminal de la Qª del Aburrimiento	606

Tabla nº 21

ESQUEMA HIDROLÓGICO DEL ACUIFERO DEL COMPLEJO KÁRSTICO DE OJO GUAREÑA.

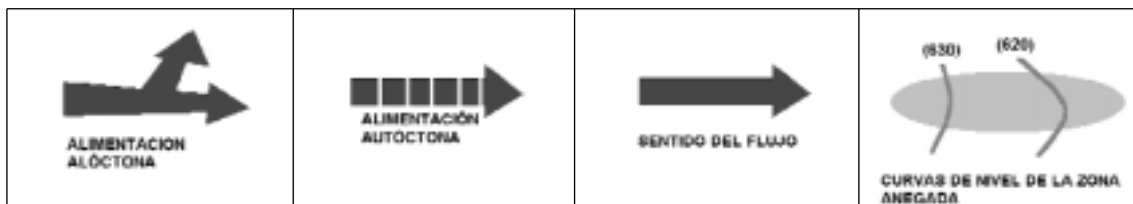
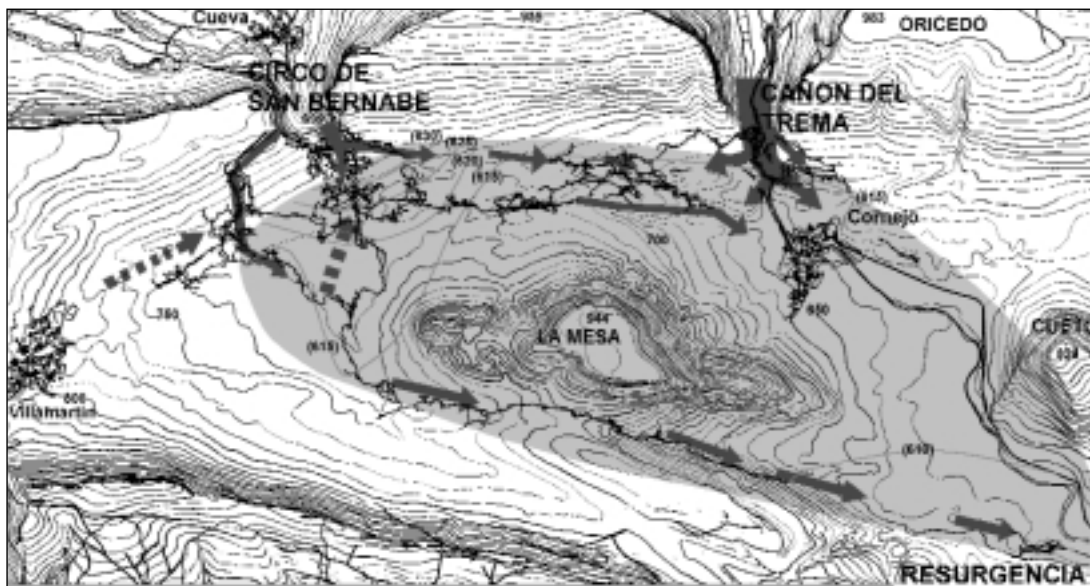
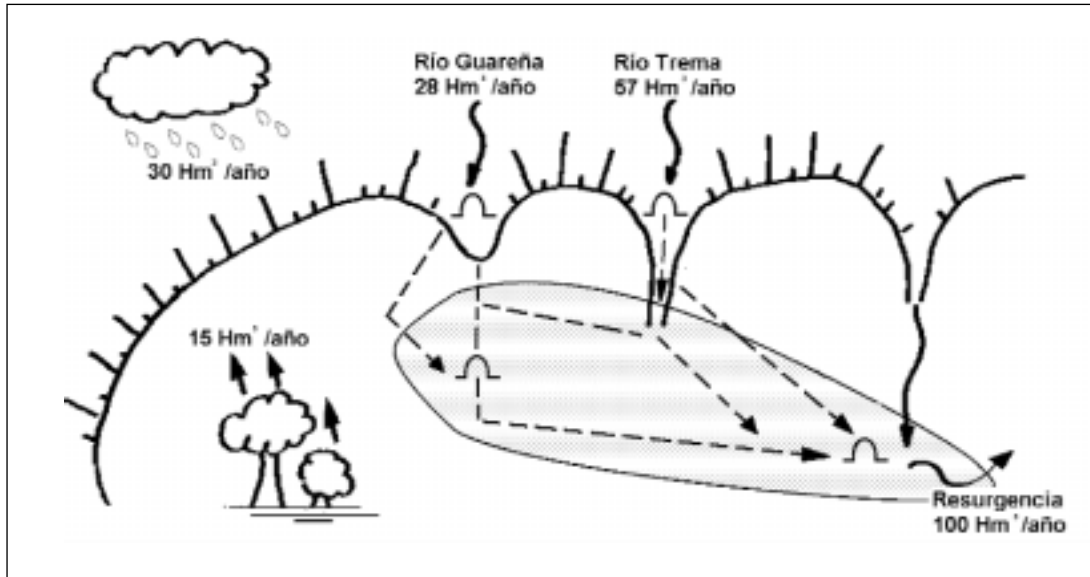


Gráfico nº 22

los, Sima Dolencias, Cueva Palomera y Sima de los Huesos obtenidas sobre la base del Mapa Topográfico Nacional de España, escala 1:25.000 y la Cartografía del Complejo de Ojo Guareña, originalmente a la escala 1:500.

Para estimar el balance hídrico se han tenido en cuenta las siguientes premisas:

Superficie. El área ocupada por los afloramientos calizos de Turoniense Inferior-Coniaciense y Santoniense del flanco norte del Sinclinal de Villarcayo en su cierre periclinal y la Zona Plegada del Trema la estimamos en 24,5 Km² bajo la cual se desarrolla la red de conductos penetrables y de alimentación del acuífero. No se ha tenido en cuenta el caudal aportado por el Arroyo de la Hoz ni el área de Bedón, drenada por el Arroyo del Molino, que tributan al Trema antes de que este entre en los dominios terciarios del Sinclinal de Villarcayo por Torme.

Precipitaciones. Se ha calculado sobre la base de los datos proporcionados por las estaciones de Quintanilla del Rebollar (2 Km. al norte del Cañón del Trema), Quisicedo (2 Km. al norte del Circo de

San Bernabé) y Quintanilla Valdebodres (población situada 6 Km. al Sur al otro lado del cierre periclinal del Sinclinal de Villarcayo) estimándola en 1.217 mm anuales.

Evapotranspiración potencial. (Gráficos nº 23 y nº 24) Calculada por el método de THORNTHWHITE se estima en 627 mm anuales y por el método de BLANEY-CRIDDLE, 657 mm., usando para los cálculos las temperaturas de la estación de Villarcayo, únicas de las que disponemos, situada a 11 Km. al sudeste.

Hidrogramas. Se ha construido un hidrograma ficticio (gráfico nº 25) de los ríos Guareña y Trema basándonos en el total de los 21 aforos efectuados a cada uno de los caudales que entran en juego, aforos que fueron hechos en diferentes años, pero que hemos supuesto realizadas a lo largo de un año.

Así, con las debidas reservas, integrando el área contenida por las diferentes gráficas, el hidrograma nos proporciona aproximadamente los siguientes valores:

- El río Guareña aporta 28 Hm³/año.
- El Río Trema aporta 57 Hm³/año.
- El volumen que aflora a lo largo del Sector Resurgencia es de 100 Hm³/año.

BASE BIBLIOGRÁFICA

(1) MADOZ, Pascual (1845-1850): Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar.
 (2) PUIG Y LARRAZ, Gabriel (1896): Cavernas y Simas de España.
 (3) SÁENZ GARCÍA, Clemente (1933): Notas acerca de la Estratigrafía del Supracretáceo y del Numulítico en la cabecera del Nela y zonas próximas. Boletín Real Sociedad Española

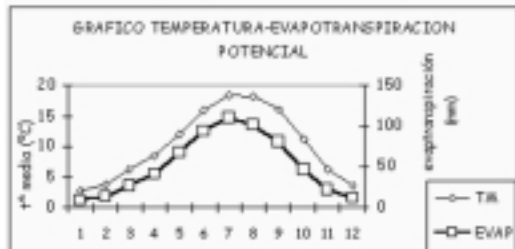


Gráfico nº 23

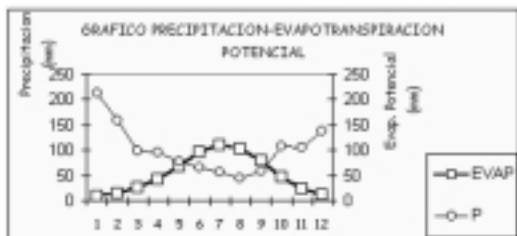


Gráfico nº 24

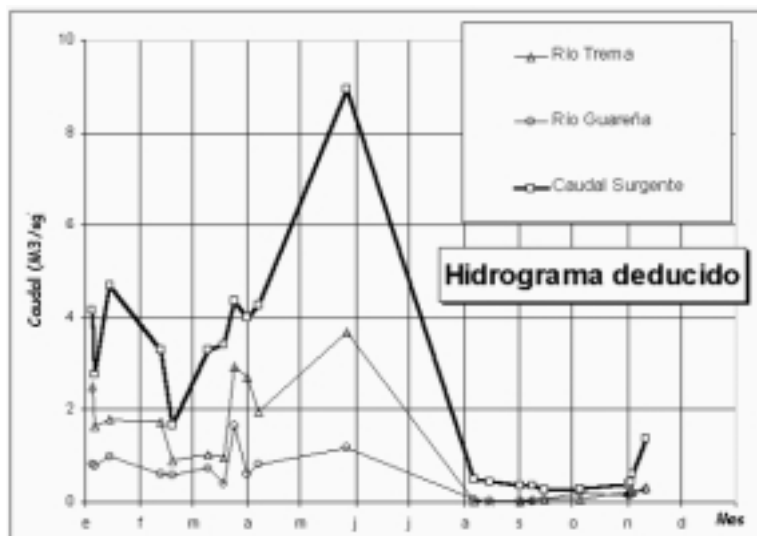


Gráfico nº 25

la de Historia Natural n° XXXIII.

(4) ERASO ROMERO, Adolfo (1965): Introducción al estudio del Karst de Ojo Guareña. Geo y Bio Karst n° 4-5.

(5) ERASO ROMERO, Adolfo (1966): Comportamiento Físico Químico del Complejo Palomera Dolencias. (Ojo Guareña - Burgos). Geo y Bio Karst n° 9.

(6) ERASO ROMERO, Adolfo (1969): Mecanismos sobre la corrosión en el Karst y su repercusión en la Geodinámica kárstica. Boletín Geológico y Minero. Tomo LXXX-II.

(7) PLANA PANYART, Pedro (1970): Notas para el estudio de la Segunda Axial del Complejo Kárstico de Ojo Guareña (Burgos). Espeleolog n° 13.

(8) PLANA PANYART, Pedro (1972): Las boyas de fluctuación. Estaciones de observación permanentes para el estudio de los niveles hídricos en "Ojo Guareña". Kaite, Estudios de Espeleología Burgalesa n° 0.

(9) ORTEGA VALCÁRCCEL, José (1974): La transformación de un espacio rural: Las Montañas de Burgos. Estudio de Geografía Regional. Universidad de Valladolid. Departamento de Geografía.

(10) ERASO ROMERO, Adolfo (1980): Datos para el Proyecto de Investigación Hidrogeológica del Complejo Kárstico de Ojo Guareña. Merindad de Sotoscueva (Burgos).

(11) SAINT-AUBIN, Julia; VAL, Joaquín del (1980): Estudio de los pendants. Un modelo sobre su génesis. Actas Espeleológicas. VIII Simposium d'Espeleologia.

(12) PLANA PANYART, Pedro (1981): Planteamiento general del Catastro Espeleológico de Burgos. Criterios de

Zonificación. Estudio de Zona. Kaite, Estudios de Espeleología Burgalesa n° 2.

(13) CEOTMA (1984): Guía para la elaboración de Estudios del Medio Físico: Contenido y Metodología. Centro de Estudios de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

(14) ERASO ROMERO, Adolfo (1985-86): Método de predicción de las direcciones principales de drenaje en el Karst. Kobie, Serie Ciencias Naturales n° 15.

(15) GRANDA, Ángel; PÉREZ, Alfredo (1986): Estudio Geofísico en el Complejo Kárstico de Ojo Guareña. Aplicación al Sector Este, área de Covanería, Cornejo (Burgos). Primera Fase. Compañía General de Sondeos.

(16) GRUPO ESPELEOLÓGICO EDELWEISS (1986): Monografía sobre Ojo Guareña. Kaite, Estudios de Espeleología Burgalesa, n° 4-5.

(17) ERASO ROMERO, Adolfo (1993): Informe Geológico sobre la posible viabilidad turística del Complejo Kárstico de Ojo Guareña (Merindad de Sotoscueva, Burgos) en ORTEGA MARTÍNEZ, Ana Isabel (coord.): Informe de viabilidad y alternativas de acondicionamiento turístico del Complejo Kárstico de Ojo Guareña (Merindad de Sotoscueva, Burgos). Junta de Castilla y León. Consejería de Cultura. Dirección General de Patrimonio y Promoción Cultural.

(18) JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. (1994): Espacio Natural de Ojo Guareña. Plan de Ordenación de los Recursos Naturales. Propuesta inicial. Tomo I (Inventario). Conse-

jería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Dirección General del Medio del Medio Ambiente.

(19) CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO (1995): Delimitación de las Unidades Hidrogeológicas de la Cuenca del Ebro (Plan Hidrológico). Memoria.

(20) INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (1998): Atlas del Medio Hídrico de la Provincia de Burgos. Instituto Tecnológico Geominero de España y Excma. Diputación Provincial de Burgos.

(21) APARICIO MIJARES, F. J. (1999): Fundamentos de Hidrología de superficie. Limusa-Noriega Editores.

(22) GRUPO ESPELEOLÓGICO EDELWEISS (2001): Monografía 50 Aniversario 1951-2001. Cubía, Boletín del Grupo Espeleológico Edelweiss, n° 3.

(23) ERASO ROMERO, Adolfo; BAQUERO ÚBEDA, Juan Carlos; OPOLKA-GADEK, Jolanta; GADEK, Bogdan (2001): Investigación Hidroquímica en el acuífero de Ojo Guareña. Repercusiones hidrogeológicas. VI Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst. Espinosa de los Monteros (Burgos) y Boletín SEDECK n° 2.

(24) ERASO ROMERO, Adolfo; DOMÍNGUEZ ÁLVAREZ, Carmen; RUIZ GARCÍA, Francisco (2001): Predicción de las direcciones preferenciales de drenaje subterráneo en el Karst de Ojo Guareña. VI Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst. Espinosa de los Monteros (Burgos).