

SUPLEMENTO DE CIENCIAS NATURALES DEL
BOLETIN DE LA REAL SOCIEDAD VASCONGADA DE LOS AMIGOS DEL PAIS

AÑO XI

1959

CUADERNO 4.º

Redacción y Administración: GRUPO DE CIENCIAS NATURALES «ARANZADI»
Museo de San Telmo - San Sebastián Teléfono 2 29 45

KARST EN YESO DEL DIAPIRO DE ESTELLA

Por Adolfo Eraso

El estudio de las cavernas ha sido efectuado acabada y científicamente en la región de Karst. Esta región, situada al NE del mar Adriático, es riquísima en cavernas, y los resultados de las investigaciones realizadas en dicha región se consideran fundamentales. Ello ha contribuido a la denominación de fenómenos karsticos a cuantos se refieren a cavernas y cavidades, en recuerdo de los estudiados en la citada región.

Transcribimos a continuación una explicación del término diapiro debida a nuestro consocio Dr. D. Joaquín Gómez de Llarena: "En Geología se entiende por "pliegue diapiro", o simplemente por "diapiro", una masa de rocas, que perfora las capas o estratos de terrenos más recientes que ellas, por lo general como por un ojal que estuviera hecho con un sacabocados. En España el caso más frecuente de diairos se encuentra en los terrenos triásicos, constituidos por margas con yeso y a menudo también por capas de sal rodeadas por capas jurásicas, cretácicas y terciarias. Los diairos resultan así un fenómeno tectónico de gran interés;

en nuestro País adquiere un especial desarrollo en distintas provincias del Norte, sobre todo, en Burgos, Vizcaya, Alava y Navarra".

El trabajo que publicamos constituye el estudio y descripción preferentemente desde el punto de vista hidrológico, de cuevas y cavidades existentes en el diapiro de Estella.

INTRODUCCION

En el presente trabajo se estudian una serie de cavidades desarrolladas en el karst en yeso del diapiro de Estella, haciendo especial hincapie en las resurgencias del «Agua salada» y cueva de Los Longinos íntimamente desarrolladas.

Ante la imprecisión de localizar zonas determinadas de absorción, el problema del origen de estas aguas no está totalmente aclarado pues la falta de elementos de juicio suficientes, merma las conclusiones que puedan sacarse.

He de agradecer en primer lugar a D. Francisco Beruete, secretario del Ayuntamiento de Estella, su eficaz ayuda en todo momento, especialmente en la búsqueda de datos de la región, de todo tipo. Al Dr. Noel Llopis Lladó de Oviedo su desinterés en colaborar a mi formación científica y al P. Máximo Ruiz de Gaona, S. P., profundo conocedor de la Geología de Navarra, los coloquios realizados sobre el tema, iniciados en las «Jornadas Espeleológicas Vasco-Navarras», de Urbasa, coloquios que han colaborado eficazmente en el desarrollo de este trabajo.

GEOLOGIA Y COMPOSICION

El macizo por nombre Sta. Bárbara, donde se desarrolla el karst en yeso de las resurgencias del «Agua Salada», es uno más entre el jalonamiento de diapiros Vasco-navarros: Salinas de Añana, Maestu, Estella, Lacar, Salinas de Oro, Ulzurrun, Anoz... etc.

Hay diversidad de opiniones sobre si el diapiro de Estella tiene o no relación con este jalón Vasco-navarro o bien con los de Salinas de Rorio y Medina de Pomar (RIOS), por las evidentes analogías de geología regional. En cualquiera de los casos estas disquisiciones caen fuera del ámbito de este trabajo, interesando únicamente el hecho de que todos los autores coinciden en dar al diapiro de Estella prioridad sobre los demás por la aparición en él del zócalo paleozóico.

A) GEOLOGIA

a) Contactos del diapiro

Los terrenos atravesados por el diapiro son el cenomanense y el oligoceno (9) aunque haya autores que incluyan al pontiense y lute-ciense, cosa que no es cierta (ver fig. 1) aunque hayan podido ser influidos tectónicamente, según se verá.

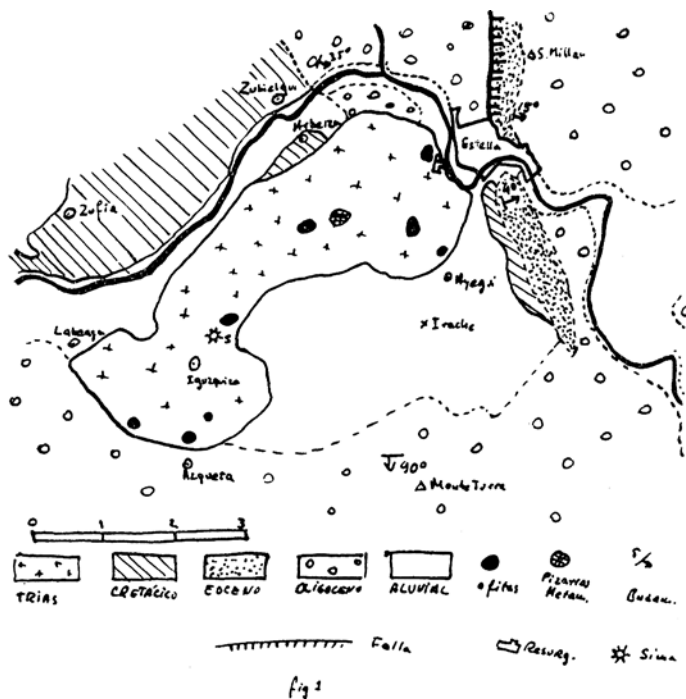


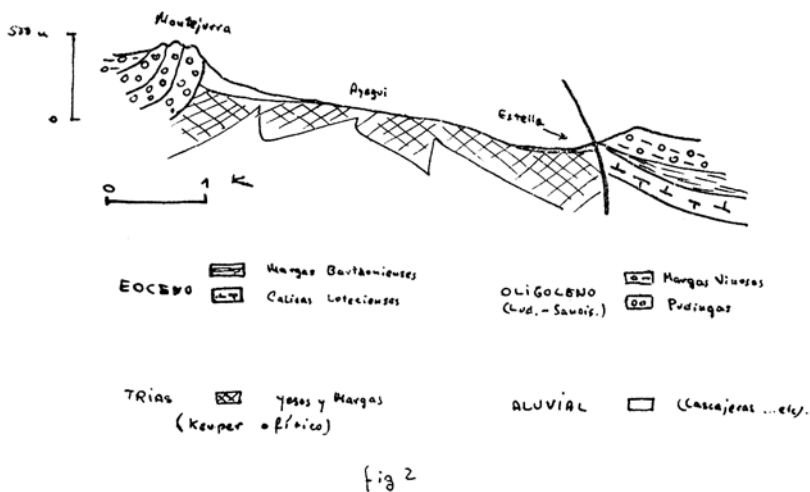
Fig 1
Diapirio de Estella. Tomado del P. Mazzoni R. de Garos

El diapiro de Estella

En su flanco N.W.-N., está en contacto con el cenomanense, que se puede ver siguiendo el F. C. Vitoria Estella, desde la Estación de Zúfia, sensiblemente paralelo al talweg del Ega. El cenomanense desde Zúfia a Zubielqui, es margo arenoso de colores azul oscuros con orbitolinas y tramos de areniscas con *Aspidiscus* (9).

Sobre el cenomanense, al E. de Zubielqui, se superpone el sa-noisiense con una potente formación de conglomerados (el monte Belastegui que domina Zubielqui y Eraul) los cuales buzan unos 35° hacia la confluencia del Ega-Urederra.

Esta formación de conglomerados oligocenos atraviesa el Ega, poniéndose en contacto directo con el Trias en el camino vecinal Estella-Zubielqui.



Corte Geológico del diapir. (?)

Corte geológico del diapiro de Estella

En el flanco oriental (9) donde está Estella, el contacto se halla recubierto por sedimentos cuaternarios y derrubios de cascajeras del oligoceno. No obstante junto a la Iglesia de San Pedro la Rúa se ve el cenomanense que sirve de base a la caliza luteciense de las crestas de la Cruz de los Castillos y de Oncinada. En su flanco occidental y S. el Trias está en contacto con el oligoceno, permaneciendo enmascarado este contacto exteriormente por el terreno de aluvión que sirve de enlace (9)

b) Estratigrafía

En realidad no cabe hablar de estratigrafía en el Trias extravasado porque su anarquía es absoluta, pero vamos a hablar del afloramiento de sus diferentes pisos geológicos.

Buntsandstein: Personalmente no lo he visto masivo y en ningún caso parece factible adjudicarle las areniscas de la Peña de Rompehuevos al N. de Ayegui. Hay alguna muestra aislada al S. del pozo de Arbeiza.

Muschelkalk: Hay algunas alineaciones E.-W. calizas al W. del pinar de Sta. Bárbara que podían atribuirse. No obstante puede verse sin ninguna clase de duda dos lomas al W. de la mitad de camino de la mina de manganeso y el pueblo de Arbeiza.

Keuper: Puede verse en la totalidad del diapiro en forma de yesos y margas y arcillas abigarradas. Característico por las muestras de Jacinto de Compostela intercaladas entre el yeso rojo.

Pueden verse anárquicamente repartidas por el diapiro, bloques de carnioles, con sus característicos poliretículos.

El keuper del diapiro de Estella es ofítico como lo atestiguan los varios yacimientos de ofitas, ninguno de los cuales parece ser batolítico salvo en todo caso el existente junto a la ermita de Sta. Bárbara.

En cuanto al paleozóico que hace destacar este diapiro sobre el resto de sus vecinos, existe un estrato cristalino formado por gneis biofítico, granito de dos micas con predominio de las moscovíticas (9) y gneis plagioclásico gneísica. Existen también pizarras cuarzosas atribuibles al paleozóico.

c) Tectónica

La masa plástica del keuper, ya sólo o con ofitas y carnioles, de sus tres principales aspectos se presenta (9), lo hace en Estella en forma de inyecciones verticales (chimeneas salinas de RIOS) como extravasado o eruptivo.

Las rupturas diapíricas se presentan preferentemente en los terrenos fácilmente deformables por ejemplo un flysch o un contacto de tal modo y manera que cuando la ofita acompaña al keuper, tienen ambos el mismo comportamiento (9).

Sería interesante investigar la particularidad del diapiro de Estella de arrastrar bloques del fondo paleozóico.

En la tectónica general del país, la influencia del diapiro de Estella y de la conjunción con su inmediato vecino el diapiro de Lacar, (7 kms. al N.E.), es manifiesta por su total anarquía de pliegues; pues que mientras estos se resuelven en un marcado sentido E.-W., en el frente meridional de las sierras exteriores (7) diferenciación de la zona montañosa y media de Navarra: Sierras de Leyre, Izco, Higa de Monreal, Alaiz, Perdón, Montejurra, Monjardín, Yoar-Codés, etc., el accidente de Estella se trata de una fuerte flexión N.-S. que rompe la monotonía de estos pliegues. Esta flexión acompañada de «*decrochement*», pone bruscamente en contacto el cenomanense de Val de Allin con el oligoceno y eoceno de Belastegui y peñas de Larrión respectivamente. Además ha ocasionado roturas la mayor de las cuales es la situada al N. de la sierra de Yoar-Codés (montes de Zuñiga) que corta el talweg del Ega en sentido W.-E. y ha hecho que en Arquijas hayan aparecido rocas básicas (7).

Otra falla R.-S. muy importante es la que va desde la ermita de San Adrián en la sierra de Urbasa y pared W. del polje de Zaldive para terminar en el barranco de Legarrogui en el nacimiento del río Yranzu. Existe otra falla paralela a esta que comienza a la izquierda de la carretera Estella-San Sebastián a la altura del Km. 20 y va hasta ermita de San Cristóbal al W. de la Planilla y N. de Abarzuza donde existe un curioso contacto de margas senonenses del labio W. de la falla y margas bartonienses del valle de Guesalaz que se prolongan hasta aquí.

Otros accidentes de menor cuantía, consecuencia del diapiro de Estella, son el levantamiento hasta la verticalidad de las pudingas oligocenas de Montejurra, el elevado buzamiento de las calizas eocenas de la Cruz de los Castillos. La falla paralela a la carretera Estella-Bearin en las que las calizas nummulíticas de la Cruz de Peña Aguda están muy por encima del oligoceno sobre el que está formada la carretera (9) detalle que indica un salto que el P. Ruiz de Gaona señala de 300 mts.

Así mismo los pliegues Lorca Estella van inclinándose paulatinamente desde el sentido casi E.-W. hasta el N.-S. (7) en las proximidades de la gran falla pared W. del polje de Zaldive, inclinación que se justifica plenamente con la conjunción de ataque de los diairos de Lacar y Estella.

No obstante el gran caos tectónico subsiguiente al fenómeno diapírico, la repercusión del accidente de Estella en la tectónica navarra es pequeña, como lo demuestra el hecho de que tanto la cuenca de

Pamplona como la meseta de Urbasa presentan ambos un limpio estilo tectónico de sinclinorio (beken) de estilo jurásico (7) toda vez que ambos están situados a cada lado de la rotura, pared W. del polje de Zaldive.

B) COMPOSICION

Predominan marcadamente los yesos del keuper y las margas y arcillas abigarradas cuyo color varía según los óxidos que lo impurifican. El yeso se explota en varios puntos todos ellos próximos a poblados.



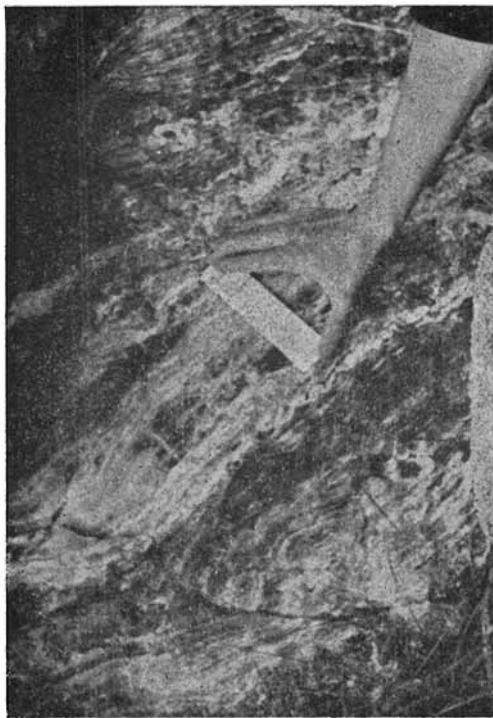
Fot. 1—Detalle de la solubilidad del diapiro

Existen bloques de calizas magnesianas cavernosas de aspecto polireticular (carniolas).

De la presencia de ofitas y materiales paleozóicos ya se habló anteriormente.

Existe una mina ya abandonada de manganeso de origen neumatólico cuyas muestras acusan mayor contenido en hierro que en manganeso.

Las variedades mineralógicas existentes son muy diversas: hay gran cantidad de piritas limonitizadas, muchas veces esquistasas, las



Fot. 2—Detalle de composición del diapiro

cuales se presentan siempre en cristales aislados; hay abundante oligisto, especialmente micaceo, que se presenta junto con la ofita preferentemente; abunda la Teruelita junto con el yeso sacaroides. Variedades de cuarzo las más abundantes: oliváceo sin pirámides terminales y Jacinto de Compostela; magnetita polar; actinotas; epidota

CUEVA DE LOS LONGINOS

ADOLFO ERASO
1937

SÍMBOLOS



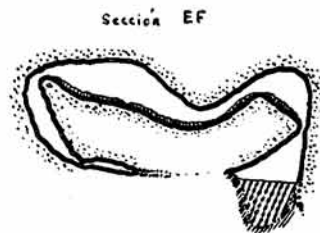
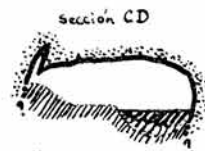
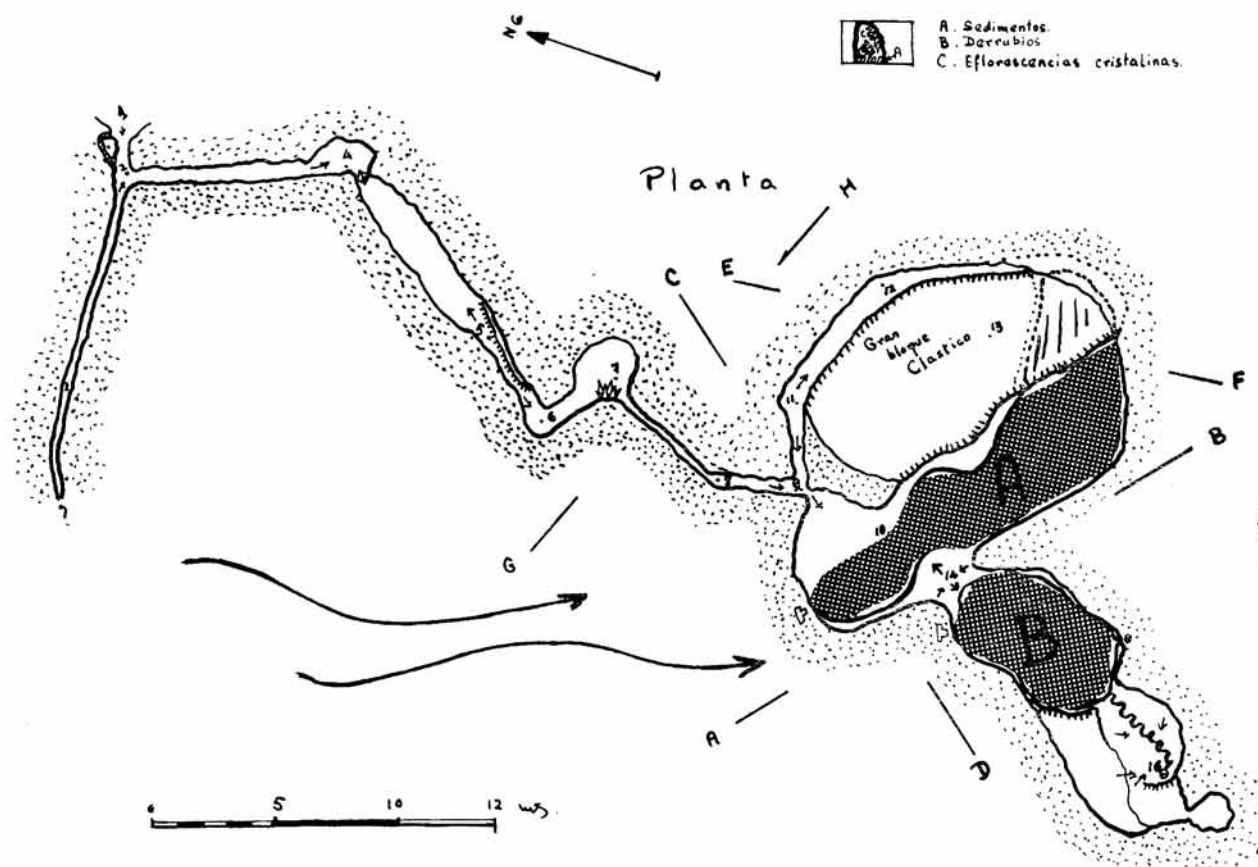
A. Escarpa
B. Lago
C. Pared



A. Resurgencia; B. Sumidero
C. Santido pendiente. D. Río.



A. Sedimentos.
B. Darrubios
C. Eflorascancias cristalinas.



junto con la ofita; espato de Islandia..., etc., etc., muchos de los cuales denuncian fenómenos de tipo jumaroliano ya sean contemporáneos o posteriores a la marcha ascensional del domo diapírico (9).

En el meandro del río Ega, donde las resurgencias del «Agua Salada» en el corte que ha labrado la corriente del agua, se puede ver: a) la solubilidad y heterogeneidad de la roca, por la cantidad de bloques caídos junto al río los cuales, casi cada año, varían de forma y número haciendo peligroso aquel lugar usado como baños públicos en la ciudad de Estella, y b) la complicada estructura y variada composición del diapiro que se encuentra allí resumida (fotos 1 y 2).

Las inclusiones heterogéneas en la roca base son unas veces menos solubles que ésta y otras más, o más deleznable a la erosión mecánica, siendo el resultado unas veces la aparición de resaltes debidos a estas inclusiones y otras la desaparición de las mismas presentando el conjunto un aspecto muy particular.

C) EDAD DEL DIAPIRO

Teniendo en cuenta los terrenos influenciados tectónicamente en la extravasación del Trias de Estella, vemos el oligoceno como el estrato superior conmocionado.

Se puede por tanto admitir que el diapiro no es anterior a la osogénesis alpina.

Desgraciadamente no se puede precisar más pues las calizas pontienses del cerro de la Gogorra, al W. de Zuñiga, única muestra del mioceno en la región, existen en tan pequeña proporción, que es aventurado asegurar si están influenciadas tectónicamente o no por el diapiro de Estella.

Por tanto el diapiro de Estella es contemporáneo o posterior, pero nunca anterior a la orogénesis alpina.

Finalmente, y fuera de los ámbitos de este trabajo, merece resaltar, que así como el cenomanense se descubre potente junto al diapiro de Estella, aunque de extensión limitada como extraídos por la fuerza ascensional del diapiro salino, el senonense, que tiene una potencia de casi 600 mts. en la Amescua baja (12 kms. al N.) no aparece en las inmediaciones del diapiro. ¿Sería la región una *schwelle* durante la sedimentación senonense?

A falta de elementos de juicio para concluir, la cuestión queda en pie.

CAVIDADES

Para el estudio de las cavidades del diapiro vamos a analizarlas dividiéndolas en dos zonas E. y W. separadas por la cresta topográfica del mismo.

Esta división tiene la ventaja de la fácil localización geográfica de ambas zonas pues la zona E. se corresponde casi exactamente con el pinar de Sta. Bárbara mientras que la otra, zona W., es rasa y ocupa un área unas diez veces mayor.

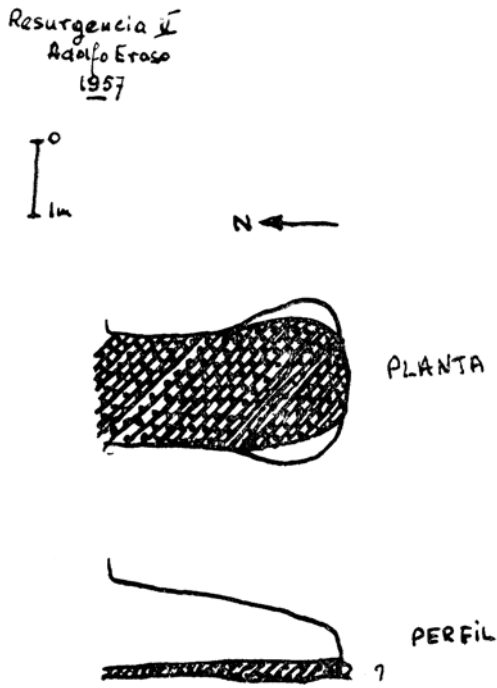
Queda entonces: Cavidades a) zona E.

b) zona W.

Pasemos ahora al estudio particularizado de cada una de las oquedades:

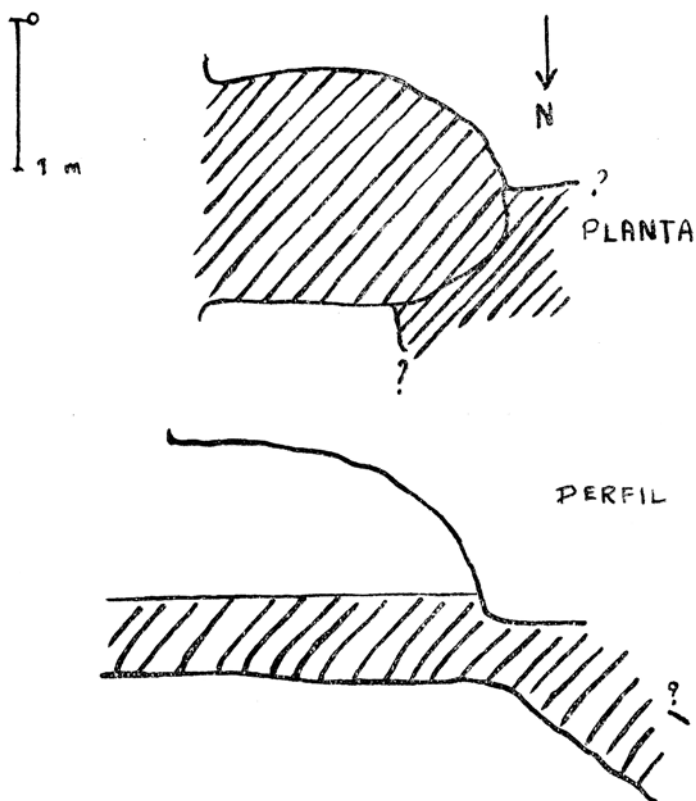
CAVIDADES ZONA E.

1) Cueva de Los Longinos y resurgencias del Agua Solada.



a) *Situación:* Las resurgencias del Agua Salada están situadas a menos de 1 km. de la ciudad de Estella, basta cruzar el puente

Resurgencia Principal
Adolfo Eraso
1957



de F. C. de Estella a Vitoria sobre el Ega y seguir a la izquierda el camino de la cárcel, rebasando ésta en unos 100 mts. hasta el lugar conocido por «Baños Públicos» sobre el mismo río Ega.



Resurgencia principal



Resurgencia II

La resurgencia principal cuya agua se recoge en dos pequeñas piscinas artificiales tiene de coordenadas $42^{\circ} 40' 10''$ hay otra resurgencia $1^{\circ} 39'$

cia 30 mts. mis adelante siguiendo el río. En este recodo del río, en algunos puntos, manan pequeños caudales de la misma agua, algunas veces bajo el mismo lecho del río.

LA boca de entrada de la cueva de Los Longinos, está situada unos 40 mts. más arriba de la resurgencia principal, basta seguir el camino de acceso a la misma.

Sus coordenadas son $42^{\circ} 40' 12''$
 $1^{\circ} 38' 55''$.



Fot. 3—Entrada a la cueva de "Los Longinos"

b) *Morfología hipógea*: La entrada se halla al fondo de una pequeña pendiente y as de pequeñas dimensiones (foto n.º 3), nada más entrar la galería se bifurca; ambos brazos son descendentes, la de la derecha en dirección S.W., a los pocos metros se hace impracticable, y la de la izquierda por el contrario, se amplía de 2 a 4 Hasta aquí el suelo se halla recubierto de sedimentos con cantos epigeos sobre ellos; 4 es una pequeña sala parcialmente obstruida su

continuación, por un bloque elástico. De 4 a 5 el suelo es casi horizontal y el techo alto, también hay sedimentos en el piso. En 5 hay a la izquierda un pequeño escarpe, de unos dos metros de profundidad. El paso de 5 a 6 se hace mediante un escalón.

El piso de 6 a 7 es francamente llano, habiendo en 7, gran acumulación de sedimentos pero de manera no uniforme.

Entre 7 y 8 la sección tiene una forma característica (sección GH) con la particularidad de que aquí hay gran profusión de drusas de cristales de yeso que sobresalen de 2 a 3 cms. de la pared y



Fot. 4—Sumidero del río rebosadero del lago B

cada cristal aislado tiene una longitud muy variada desde casi inapreciable hasta 1,5 cms. a lo sumo 2. Están cristalizados en el monoclinico y en su parte más alejada del centro de drusa, están ennegrecidos. Estos cristales existen en otras partes de la cueva, pero con menos profusión que aquí.

De 7 a 8 el paso es angosto, ensanchándose un poco más de 8 a 9.

Hay bifurcación en 9; la galería NE. tiene perfil semejante a la anterior es ascendente hasta 11, para descender luego hasta 12. La galería S., mediante una gatera da acceso a la sala de los lagos 10 (sección CD).

Esta sala del lago A se domina mejor desde lo alto del escarpe del gran bloque clástico al cual se asciende por 12 y 13 (sección EF).

La circulación en el lago A, es actualmente muy pequeña.

Para llegar al lago B, con circulación activa, hay que vadear el



Fot 5—Resurgencia de entrada al lago B

lago A por 10 hasta 14, el cual es un pequeño collado, entre los sedimentos lacustres allí depositados: (sección AB).

El lago B es vadeable por su margen derecha y al final del cual 13 es en esta época un rebosadero del que nace un pequeño río para reunirse luego a los pocos metros 16 (fotog. n.º 4), tiene un caudal de 10 a 12 mts./seg. La fotografía n.º 5 corresponde a la resurgencia activa que da entrada al lago B. Obsérvese la transparencia de las aguas en el momento de surgir, frente al enturbiamiento de las mismas, más adelante por nuestro paso.

La morfología de las resurgencias principal y II es típica en su perfil de marmitas invertidas.

c) *Espeleogénesis*: La cueva de Los Longinos en toda su longitud fue abierta por un río hipógeo que venía desde 3 en dirección a 2, descendiendo luego hacia los lagos como atestiguan los sedimentos que aparecen a todo lo largo de la cueva, los perfiles de bóvedas en pico, y los diversos signos de meandrificación en los recodos (tanto en la morfología de la sección, como en la disposición de los sedimentos).

La boca de la cueva es un meandro abandonado y su abertura fue casual por erosión en su pared cóncava; dicho meandro se halla totalmente colmatado de sedimentos y su forma se aprecia en la en la fotog. n.º 3.

El perfil de la cavidad como talweg hipógeo, es normal hasta 9. Únicamente cabe resaltar la llamémosle «hemimorfia» del tramo 7-8 (sección GH), la cual es debida al meandro del río, que atacaba preferentemente la pared E.

A partir de 9, el río ya no tiende a profundizar por la proximidad de las resurgencias, las cuales debido a su sifonamiento mantenían prácticamente invariable el nivel de agua hasta este punto. Entonces el río erosionaba en superficie favorecido por la elevada solubilidad de la roca, ensanchando la cavidad según el plano horizontal y ganando poco en vertical.

La rama 3-2 de la cueva es ascendente, especialmente en 3. Por lo tanto el río corría contra pendiente en circulación forzada por lo que actuaba a presión hidrostática sobre su actual camino hacia los lagos, hecho que colaboró a la apertura de nuevo talweg fosilizando el anterior. Así se abrió a la circulación la resurgencia del lago A. Entonces se amplió la superficie de esta sala por atacar el río, desde otro sentido (el talweg primitivo seguía los puntos de la poligonal: 8-9-11-12, para correr luego debajo del actual bloque clástico y así en su tendencia a ensanchar, por la proximidad del nivel de base (8), se puso en comunicación con el talweg fosil en 9 (ver sección CD).

Al aumentar en superficie esta sala, sobrevino la clastificación, favorecida por la heterogeneidad del diapiro.

El gran bloque clástico 13 (sección EF) obstruyó los sumideros del lago A, que actualmente no son visibles, con lo que a la historia de la cueva sucede un régimen lacustre, como lo atestiguan las eflorescencias cristalinas que adornan diversas partes de la cueva, desde

4 cerca del suelo. Son especialmente notables por su tamaño y pureza las de la sala 7.

El hecho de que estos cristales se formen en zonas donde la pared es yeso, nos indica su génesis: las aguas del río actuaban de aguas madres; en ellas a la vista de su composición se aprecia bien a las claras el grado de saturación de SO_4Ca , próximo a su producto de solubilidad considerando «grosso modo» compensados los influjos (2) :

a) *Solubilizante* de la elevada concentración salina existente en el medio.

b) Precipitante por la presencia de iones comunes SO_4^{2-} en el SO_4Mg , y SO_4Na_2 , y Ca^{++} en el $(\text{CO}_3\text{H})_2\text{Ca}$.

Al existir el régimen lacustre el talweg primitivo se llenó de agua. En las zonas de la pared en que había yeso, los primitivos cristales no poseían un retículo perfecto debido indudablemente a su génesis diapírica. Entonces y en el seno de las aguas si están éstas saturadas del componente a cristalizar (yeso) puede ocurrir el crecimiento del mismo en determinadas partes de su retículo a expensas de su disolución en otras (reconstrucción del cristal) (3).

En una cristalización, rigen el tamaño de los cristales, la velocidad de agregación y la velocidad de orientación de los iones sobre dicho cristal; de tal modo y manera que si predomina la velocidad de agregación, el producto detenido es amorfo, mientras que cuanto más predomine la velocidad de orientación, tanto más puros son los cristales.

Si la saturación del medio es grande, como en nuestro caso, puede ocurrir el crecimiento de los cristales grandes a expensas de los pequeños, más solubles, debido a su diferente sobresaturación relativa (2).

En nuestro caso la orientación de los iones en el retículo, está perturbada por la elevada concentración iónica del medio. No obstante la velocidad de agregación no es elevada, debido a la calma de las aguas condicionada por dicho régimen lacustre; así pues se explica la formación de cristales pero con un retículo no del todo perfecto, de tal modo y manera que los puntos activos del primer cristal ya formado, nos servirán de base para el crecimiento de otro, (porque en los puntos activos, los iones están colocados de un modo anárquico respecto al resto del retículo; no obstante, puesto que se trata de una única substancia que cristaliza, y siendo esta monomorfa, los parámetros de estructura serán los mismos (4) pero la orientación de crecimiento diferente.) (Drusa).

Las drusas predominan en las formaciones cristalinas, dándose a veces el caso de aparecer monocristales en algunos puntos aislados de la sala 7.

No se puede silenciar la posibilidad de que los cristales se hayan formado preferentemente en la interfase agua-aire, si bien no hay costuras testigo, ello no descarta el régimen lacustre, pues dada la elevada complejidad tectónica del diapiro, pudo muy bien haber filtraciones muy pequeñas que rebajasen lenta y paulatinamente el nivel de las aguas, de tal modo y manera que dejaran las paredes cuajadas de cristales, en los lugares cuya formación era óptima, desde el primitivo y más elevado nivel alcanzado por las aguas.

A causa de la obturación de los sumideros del lago A por clastificación se abrió la resurgencia del lago B (dicha resurgencia pudo abrirse simultáneamente con A; entonces y debido a la clastificación, cobrará auge a expensas del detrimento de la resurgencia de A). Efectivamente actualmente la circulación por el lago A es escasa, siendo mucho más activa en el lago B (fotog. n.º 5).

La génesis del pequeño collado en 14 se debió a la barra formada por la acción simultánea de ambas corrientes de los lagos A y B (Sección AB).

Actualmente el sumidero del lago B, no es suficiente para absorber todo el caudal, de ahí el rebosadero, pequeño río que se reúne en 16, (fot. n.º 6).

El caudal de los lagos A y B es bastante menor que el de la resurgencia principal existiendo otros talwegs kársticos que nutran dicha resurgencia.

Resumiendo las fases de la historia de la caverna desde su génesis hasta su estado actual:

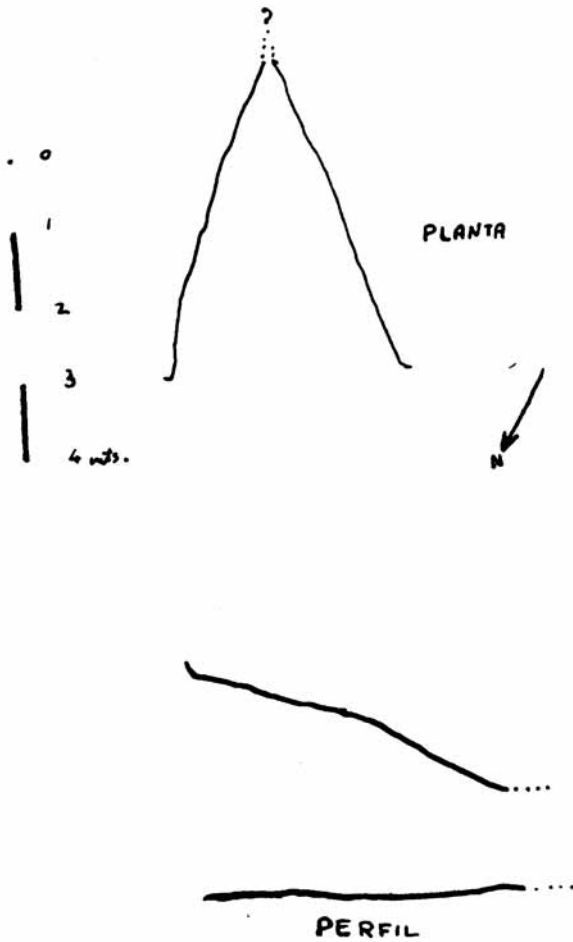
- 1.º - Fase de circulación (formación de la cavidad y posterior apertura de su boca).
- 2.º - Fase de fosilización: (abandono del Talweg por apertura de otros).
- 3.º - Fase clástica: (obstrucción sumidero A, régimen lacustre).
- 4.º - Estado actual.

Se aseguró la comunicación del lago B con la resurgencia principal, mediante un fuerte enturbiamiento en 16, análogo a una coloración, factible gracias a la proximidad de la resurgencia.

La resurgencia II no se enturbió así como tampoco las menores, lo que da idea de la pequeñez del karst en yeso topografiado, frente a la gran red hidrológica hipógea, toda vez que el caudal de A y B es bastante menor que el de la resurgencia principal.

La génesis de las resurgencias principal y II se llevó a cabo a presión hidrostática como lo testifica su perfil típico de marmitas invertidas.

Cueva de "Cuatro Pines"
Adolfo Eraso
1957



2) CUEVA DE CUATRO PINOS

a) *Situación:* Se halla enclavada en la ladera N. del promontorio de Cuatro Pinos, situado entre dos vaguadas epígeas y a la izquierda del camino que desde el Agua Salada va a la fuente de Remontibal. Está a 15 mts. de desnivel sobre el río. Tiene la boca a unos 200 mts. N.N.W. de la de la cueva de Los Longinos.

b) *Espeleomorfología:* La entrada tiene 3 x 3 mts. y va disminuyendo de anchura hacia el fondo y algo menos de techo de tal forma que el fondo es una diaclasa, posiblemente local, como generalmente ocurre con las del resto del diapiro. De la boca al fondo hay 4 mts. de longitud. Se desarrolla en los yesos del keuper.

c) *Espeleogénesis:* La cavidad funcionó antes como resurgencia, actualmente está fosilizada en su totalidad aunque no colmatada. Posiblemente quedó colgada al evolucionar el relieve epígeo, en tal forma que pudieran cobrar auge otras resurgencias en punto más bajo como la actual.

3) CUEVA DE LOS PINOS

a) *Situación:* Sobre el camino que va desde el Puente de San Juan a Zubielqui, junto a la fuente artificial que hay sobre el primer pinar. Su boca se halla a unos 300 mts. N.N.W. de la boca de Cuatro Pinos y a medio km. de la de Los Longinos. Su desnivel sobre el río se eleva a 20 mts.

b) *Espeleomorfología:* La boca tiene 1,5 x 2 mts. Los tres primeros mts. son descendentes. A los cuatro el techo se eleva hasta 5 mts. conservándose así hasta los 14 mts. de la boca.

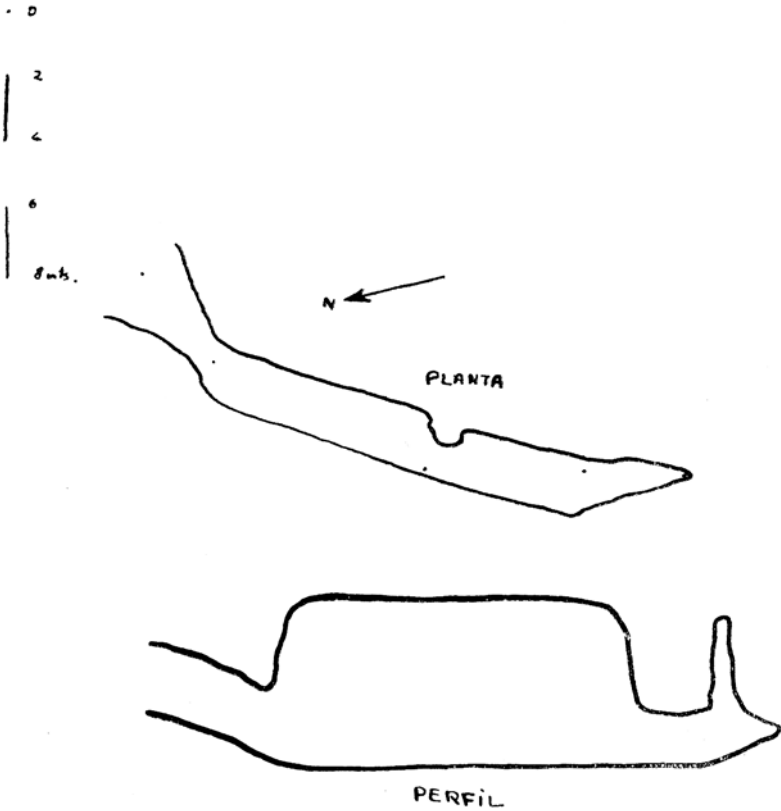
Los derrubios existentes son de procedencia epígea.

A partir de este punto las dimensiones se reducen quedando en 1 mt. de ancho y 1,5 de alto. Continúa todavía 4,5 mts. a la mitad de los cuales hay una chimenea que sube hasta 4 mts. del suelo. El recorrido total es de 18,5 mts.

c) *Espeleogénesis:* Se trata como la anterior de una resurgencia fósil abandonada por idéntico mecanismo que la anterior. Indudablemente contribuyó a su génesis, la diaclasa local de 10 mts. de longitud que puede apreciarse desde 4 hasta 14 mts. de la boca.

Existen otras cavidades menores junto a esta de «Los Pinos» pero en todas ellas se ve la mano del hombre, de tal manera que su

Cueva de "Los Pinos"
Adolfo Eraso
1967



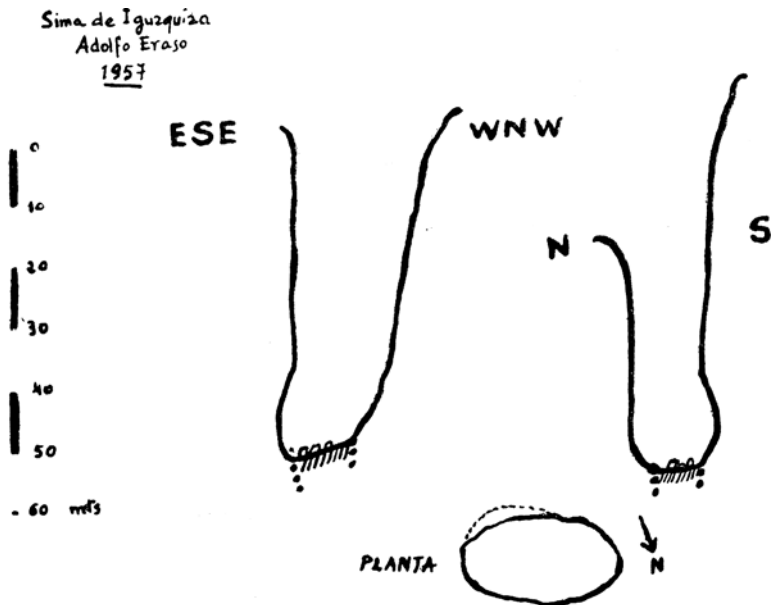
forma primitiva no se puede apreciar. Todas ellas son de reducidas dimensiones.

ZONA W.

1) SIMA DE IGUZQUIZA

a) *Situación:* La boca de la misma se halla situada 600 mts. a! N.E. del pueblo de Iguzquiza, siendo muy conocida en el lugar. Posee gran riqueza histórica por haber sido escenario de sangrientos sucesos en las guerras carlistas.

b) *Espeleomorfología:* La boca tiene 15 x 25 mts. de dimensión siendo sensiblemente elíptica. Está situada sobre una dolina triple



con carácter de polje alineada con neto sentido $170^{\circ}\text{S.} - 350^{\circ}\text{N.}$, estando situada la sima en la pared más meridional de dicha dolina, la cual tiene una longitud de 200 mts. por 50 en su parte más ancha. Al S.E. de la sima existe una uwala de grandes proporciones: cerca de 200 mts. de largo por 75 de ancho alineada en sentido $70^{\circ}\text{E} - 250^{\circ}\text{W.}$ cuyo fondo se halla ocupado por terrenos de labor.

El sondeo de esta sima realizado en 1877 (1) dio 91 mts. de los cuales 26 estaban ocupados por agua siendo esta corriente. También dieron 13 mts. de anchura a la boca y 3 mts. a la chimenea.

Actualmente tiene 35 mts. de profundidad de la parte más baja de la boca por 64 mts. de la más alta existiendo evidentes señales de hundimiento que redujo la profundidad ampliando la sección de la chimenea. Estos hundimientos son consecuencia de corrimientos en la masa heterogénea del diapiro debido a infiltraciones según pueden verse cerca del fondo.

En la geografía del país Vasco Navarro de Altadil, se cita esta cavidad como abierta en las calizas cretácicas siéndolo en realidad en los yesos del keuper, existiendo en la parte N. de la boca una serie estratigráfica local de 0,50 mts. de yeso sacarido keuperiano, cobijado por 1,5 mts. de carniolas polirreticulares inhábiles para colocar clavijas.

Su fondo se halla colmatado de derubios.

c) *Espeleogénesis*: Se cita la apertura de esta cavidad (1) inmediatamente después de la guerra de la Independencia, su génesis es debida al hundimiento del fondo de la dolina, sobre la cavidad ya formada por el río hipógeo favoreciendo la heterogeneidad del diapiro.

Balizan el sentido de dicho río, la alineación de dolinas existentes en el exterior, indicando una absorción preferente en dichos puntos.

2) POZO DE ARBEIZA

a) *Situación*: Se halla enclavado en una depresión del terreno a unos 100 mts. de la margen derecha del talweg del Ega a 150 mts. del molino existente junto a la Carretera entre las estaciones de Zubielqui y Zufia y a más de 1 km. al N. de la sima de Iguzquiza. Pasa junto a él la acequia de traída de aguas del molino de Labeaga.

b) *Morfología*: El pozo es circular de más de 50 mts. de diámetro, está rodeado de juncos en sus bordes, dándole aspecto de balsa, no obstante el hecho de existir solamente en los bordes vegetación da indicios de su profundidad.

El terreno circundante es aluvial, estando situado dicho pozo muy cerca del contacto trias-cenomanense.

c) *Génesis*: El pozo viene a estar poco más o menos a la altura del talweg del Ega con el cual posiblemente comunica mediante filtraciones pues no he visto resurgencias.

El pozo es a su vez alimentado por las aguas hipógeas de la sima de Iguzquiza desconociéndose si existe sifón libre o filtraciones más o menos intensas (impaso); sería menester tratar de forzar. (Ver HIDROLOGIA).

HIDROLOGIA

Los dos sistemas de cavidades, zona E. y zona W. tienen una forma totalmente diferente de presentarse pues mientras que la zona E. sólo presenta formas de emisión, la zona T. es un sistema eminentemente absorbente.



Fot. 6—Resurgencia principal, localización en la vaguada exterior

Ambos sistemas son independientes. pues la relación distancia/desnivel es muy grande.

a) *Cálculos de agua absorbida y emitida.*

La vista de toda resurgencia importante hace pensar en la localización de su zona de absorción; en el caso del «Agua Salada», llama

la atención la carencia de dichas formas. Vamos a suponer que ésta se realiza en la superficie del diapiro, para lo cual confrontaremos los litros llovidos anualmente sobre él, así como los litros que anualmente suministran las resurgencias.

Pero veamos antes las características geográficas de la hidrología epígea.

La cresta diapírica utilizada para la división de zonas kársticas, es evidentemente divisoria de las aguas epígeas.

La zona E. en el pinar, tiene un área, correspondiente a la décima parte del diapiro, y su circulación se resuelve en una serie de individuos aislados, que vergen hacia el Ega con un marcado sentido S.W., → N.E. Justamente encima de la resurgencia principal termina uno de estos individuos, (fotog. n.º 6) disecado por el meandro labrado por el Ega.

La zona W., mucho más extensa, forma todo un sistema de vaguadas, tipo cono de deyección, con un sentido resultante S.S.E. → N.N.W., hacia el Ega.

Interesa hacer notar que cuanto más próximas se encuentran las vaguadas al río Ega, tanto más marcado es su relieve, con merma de su capacidad absorbente, que puede llegar a ser nula en estos casos. No obstante y sobre el terreno aluvial al N. de Montejurra que cubre una pequeña parte del diapiro si bien la pendiente es de 10º al N., el relieve está poco marcado, pudiendo la absorción llegar a ser mayor del 50 %

Vamos a tomar para los cálculos el 40 % de agua llovida menos agua evaporada.

Comenzaremos por calcular los litros que salen de todas las resurgencias tomando el año como unidad de tiempo.

El caudal de la resurgencia principal es de 79 lts./seg., y la resurgencia II, 42 lts./seg., cuya suma nos da una cifra de 121 lts./seg. Ante las resurgencias menores, especialmente las que manan bajo el lecho del río, cuyo cálculo es prácticamente imposible, voy a tomar la cifra global 130 lts./seg.

Entonces resulta que manan del conjunto de resurgencias del «Agua Salada», 41 . 10⁸ lts./año.

Veamos ahora el agua absorbida.

La media anual de pluviosidad en los últimos años, arroja un valor de 600 lts./m² año. Según los datos de Altadill (1) H2O evaporada/H2O llovida las medias de estos valores, da un valor de 0,1,

que corresponde a un 10 %; quedándonos reducido a 540 lts./m . año el agua absorbida más agua que corre.

De este valor, corresponde el 40 % al agua absorbida, quedándonos el valor de 216 lts./m² al año absorbidos.

El área total del diapiro, es de 12 km² quedando una parte oculta de próximamente 4 km²

Así pues hay 16. 10⁶ m² de área media absorbente que multiplicados por el caudal de agua absorbida, 216 lts./m² año, nos da un valor:

216 lts./m² año . 16. 10⁶ m² = 34'56 . 10⁸ lts./año, valor que es menor, frente al agua emitida por las resurgencias.

$$41.108 \text{ lts./año} > 34'56 \cdot 10^8 \text{ lts./año.}$$

Resultado que tendremos presente al sacar conclusiones sin olvidarnos que hemos supuesto a todo el diapiro funcionando absorben-temente para las resurgencias del «Agua Salada» despreciando al karst de la zona W. por tener sus formas de absorción propias.

b) *Particularidades del «Agua Salada».*

1.º - QUIMICAS: El agua aquí surgente, tiene una composición fuere-temente salina, dando el análisis químico la composición:

C03HNa	.....	394	mgrms./lts.
S04Mg	.....	377	»
S04Ca	.....	2.570	»
S04Na2	.....	98	»
NO3Na	.....	23	»
Cl Na	.....	5.280	»

Agua según se ve muy mineralizada, sanando muchas afecciones de la piel.

2.º - FISICAS: Desde el año 1945, D. Francisco Beruete, viene to-mando temperaturas de las resurgencias encontrando siempre el valor 17,5°C, mientras que la temperatura exterior ha variado según los datos remitidos desde Irache, de 36°C a -18°C.

c) *Circulación del sistema zona W.:*

En este sistema el agua se absorbe en las dolinas y uvalas, y zonas próximas nutriendo el río hipógeo bajo la sima en dirección al pozo de Arbeiza.

El recorrido exterior entre la sima de Iguzquiza y el pozo de Arbeiza hidrológicamente es el siguiente de S. a N.

1) En las inmediaciones de la sima la zona es de absorción con franco predominio de dolinas y uvalas sobre las vaguadas, hasta la cresta que hay más al N.

2) De la cresta hacia el talweg del Ega el relieve no es marcado al principio, no obstante conforme se desciende comienzan a marcarse las vaguadas tanto más acusadas cuanto más próximas se hallan al pozo de Arbeiza.

3) En las proximidades del pozo de Arbeiza las vaguadas están francamente marcadas pero han perdido su carácter de tal, compor-tándose a consecuencia de corrimientos locales, como semidolinas, con carácter absorbente, por no ser el final de la vaguada el punto más bajo.

Otra característica es que vergen acusadamente hacia el pozo de Arbeiza dando la impresión de que balizan corrientes hipógeas de una red hidrológica que nutra dicho pozo.

Por otra parte, el nivel mínimo del pozo, coincide más o menos, con el del talweg del Ega, pero muchas veces a consecuencia de tormentas intensas su nivel ha ascendido, llenando todo el área de la depresión donde se halla enclavado y rebosando hasta el Ega.

No obstante en tormentas pequeñas, la pequeña variación que pudiera producirse, vuelve a su nivel normal en breve tiempo y naturalmente sin rebosar exteriormente su depresión.

Esto nos indica la existencia de dos caudales hidrológicos sean cuales fueren sus características, uno de las cuales nutra dicho pozo y el otro lo vacíe. Entonces el pozo de Arbeiza se comporta a modo de chimenea de equilibrio (5).

Es indudable que la corriente que nutre el pozo, de la que la sima de Iguzquiza es el principal dador, puede llevar más caudal, hecho que justifica las variaciones iniciales de nivel, después de las tormentas.

La corriente de vaciadero, que es menor, y por no existir resurgencias junto al talweg del Ega, se producirá posiblemente mediante una extensa red de filtraciones, de tal modo y manera que hagan el mínimo nivel del pozo, sensiblemente igual al del talweg del Ega.

CONCLUSIONES

- I El sistema de las resurgencias del «Agua Salada» está totalmente aislado del exterior por ser su temperatura 17,5°C frente a las temperaturas exteriores que han variado en los últimos años desde 36° hasta -18°C.
- II a) Frente a la constancia absoluta de la temperatura de las resurgencias: 17,5°C.
 b) El hecho de que el agua emitida por dichas resurgencias sea mayor que la lluvia caída sobre el diapiro y zona aluvial al N. de Montejurra sin olvidar que hemos depreciado el karst zona W. en los cálculos de absorción.
 c) Las huellas de vulcanismo atenuado existentes en el diapiro (cuarzo xiloide cerca de Arbeiza, pizarras de dureza cuarzosa que podrían denunciar manifestaciones tipo geiseriano).
 d) Y la fuerte composición salina de dichas aguas: DENUNCIAN a las resurgencias del «Agua Salada» como manantial termal siendo ésta, la materia prima insustituible para la instalación de un balneario.
- III Se aprecia un franco sentido de evolución de las resurgencias; según N.N.W. → S.S.E. pues la orientación de los de la zona E. tiene ese sentido. N.N.W. → Resurgencia fosil de Los Pinos → Resurgencia fosil de Cuatro Pinos → Resurgencia Principal → Resurgencia II → S.S.E.
- IV Frente a la existencia de dos caudales en el pozo de Arbeiza el comportamiento del mismo es como chimenea de equilibrio según se vio en HIDROLOGIA.

BIBLIOGRAFIA

- 1.º - Altadil J. Geografía del país Vasco-navarro. Prov. de Navarra, tomo 1.º, págs. 300-306 y 640-641.
- 2.º - Burriel F. Análisis químico cualitativo. Cap. 1, 11 y 111.
- 3.º - Foz Gazulla O. Apuntes de Química-Física.
- 4.º - Foz Gazulla O. Constitución Molecular. Págs. 316-332.

- 5.^o - Geze B. La g nese des gouffres. Res. Bibl. Sp., T. VI, n.^o 4, pág. 315.
- 6.^o - Glasstone S. Tratado de Química-Física.
- 7.^o - Llopis Lladó N. Sobre la estructura de Navarra y los enlaces occidentales del Pirineo. Sep. Misc. Al. 1944.
- 8.^o - Maucci W. L'ipotesi dell'«erosione inversa» come contributo allo studio della speleogenesi. Res. Bibl. Sp., T. IV, n.^o 3-4, págs. 279-282.
- 9.^o - Ruiz de Gaona M. Sch. P. Memoria estratigráfica de los yacimientos ofíticos de Navarra. Est. Geol., n.^o 31 y 32, p g. 327-341.
- 10.^o - Hojas del mapa G. C. 1/50.000, 114-139-140.
C.

Résumé:

Les cavités karstiques dans les gypses du diapir d'Estella sont décrites pr f rentement au point de vue hydrologique.

Il y a deux unités hydrologiques (zone W. et zone E.) dans la même unité géologique (le diapir).

Les caractéristiques morphologiques des deux systèmes karstiques sont essentiellement différentes, presque opposées; dans l'un (zone E.) prédominent les formes d'absorbition, dans l'autre celles de conduction-emission.

La résurgence principale de la zone E., l'axe du travail, possède de telles caractéristiques physiques et chimiques qui constituent la base indispensable pour l'établissement d'une station balnéaire.

En ce qui concerne le facteur temps on observe une notable évolution des r surgences de la zone E. suivant N.N.W. →S.S.E.

Zusammenfassung:

Es werden die Karst-Aushöhlungen des Gips im Diapir von Estella vorzugsweise unter dem Gesichtspunkt der Hydrologie beschrieben. Es gibt zwei hydrologische Einheiten (Zone W. und Zone E.) innerhalb der gleichen geologischen Einheit (dem Diapir).

Die morphologischen Charakteristiken beider Karstsysteme sind grundverschieden, nahezu entgegengesetzt. In dem einen System herrs-

chen Sickerformen in dem anderen Formen von strömendem Wasser und Quellen vor. Der Hauptwasserlauf der Zone E., der Arbeitsachse, besitzt die physikalischen und chemischen Charakteristiken, die Grundlage für die Errichtung eines Bades bilden.

In der zeitlichen Entwicklung stellt man eine merkliche Veränderung der Wasserläufe der Zone E. von N.N.W. → S.S.E. fest.

Summary :

The chalky cavities of the gypsum of the diapir of Estella are preferentially described under the hydrological point of view. There are two hydrological units (zone IV. and zone E.) within the same geologic unit (the diapir).

The morphological characteristics of both of the systems are essentially different, nearly opposed, prevailing the absorption forms in one of them (zone w.) and the conduction-emission forms in the other.

The principal resurgence of the zone E., the working axis, possess the physical and chemical characteristics, which constitute the indispensable basis for the foundation of a wateringplace.

Concerning the time factor we observe a notable evolution of the resurgences of the zone E. from N.N.W. → S.S.E.

