

# Estudio hidrogeológico de los alrededores de Caldas de Malavella (Gerona)\*

POR

N. LLOPIS LLADO

## I. LAS CONDICIONES GEOLOGICAS DE EMERGENCIA DE LAS AGUAS TERMALES DE CALDAS DE MALAVELLA

### ANTECEDENTES

Desde hace ya muchos años son conocidos los fenómenos volcánicos de la comarca Olot y son ya numerosos los estudios que sobre esta interesante región se han llevado a cabo. De ellos se ha deducido que estas manifestaciones endógenas han sido eyaculadas a la superficie terrestre desde el interior, a través de numerosas fracturas y dislocaciones existentes en la corteza terrestre, que han depositado las corrientes basálticas y los conos de cenizas durante el plioceno y cuaternario. (7) (8) (9) (18) (19) (20) (21) (22).

Pero esta actividad volcánica preactual, se manifiesta aún en la

---

\* Este estudio, es el resultado de los trabajos realizados en Caldas de Malavella, en dos campañas sucesivas en 1943 por cuenta de D. José Soler, a quien agradecemos la confianza depositada y las atenciones recibidas.

actualidad por la presencia en toda esta zona y regiones limítrofes, de un conjunto de emisiones hidrotermales cuyas cualidades curativas son de todos conocidas.

Sobre la plataforma granítica de la Selva, (22) las erupciones volcánicas no tuvieron tanta intensidad como en la vecina comarca de Olot, pues únicamente pequeños apuntamientos de basalto destacan en numerosos puntos de la comarca (Caldas de Malavella, San Mauricio, Santa Coloma de Farnés). En cambio las emisiones hidrotermales tienen aquí gran importancia, pues numerosos establecimientos se conocen en esta zona.

Caldas de Malavella es el ejemplo más palpable y sus aguas son de las mejor conocidas y más acreditadas. Pero aquí las aguas termales no afloran directamente a la superficie, emergiendo a través de las fracturas del zócalo granítico, sino que se ven obligadas a atravesar una formación sedimentaria integrada por diversos depósitos a través de la cual sufren una dispersión que da origen a la multitud de manantiales.

Esta circunstancia ha hecho que en todo momento se tuviera en cuenta por espíritus observadores, las posibilidades de una posible mezcla de las aguas procedentes de los manantiales termales con las aguas freáticas y de superficie, que pudieran alterar las propiedades físico-químicas del agua termal o lo que sería aun peor provocar posibles infecciones. En este sentido y previa información técnica se han realizado obras de higienización y captación en el manantial «La Mina» cuyo resultado ha sido cortar la formación sedimentaria superficial y hallar un zócalo arcósico, atravesado por diaclasas y fracturas por una de las cuales de dirección W, 20° N. aflora la emisión hidrotermal.

#### A) *Estructura geológica del valle de Caldas de Malavella en relación con los manantiales termales*

La villa de Caldas de Malavella está emplazada en plena comarca de La Selva en la cabecera de la Riera de Santa María o de Cal-

das y casi en la cumbre de la cuerda divisoria de aguas del Torde-  
ra y del Ter.

Un relieve suavemente alomado cuyas alturas máximas no pa-  
san de los 200 m. en los alrededores de la población, da a esta zo-  
na una monotonía extremada. La Riera de Caldas, nace en las cer-  
canías S. de la villa y vierte sus escasas aguas hacia el O. en direc-  
ción a Sils. (19).

Contrastando con esa monotonía morfológica, esta zona ofrece  
una gran complejidad estructural cuyo estudio viene dificultado  
enormemente por los numerosos cultivos, la escasez de cortes na-  
turales o artificiales y los suelos de formación reciente que ocul-  
tan los materiales del subsuelo.

La Riera de Santa María divide el valle de Caldas en dos regio-  
nes desde el punto de vista geológico: Zona occidental y zona  
oriental.

a) *Zona occidental.*

Está integrada topográficamente por un conjunto de cerros de  
escasa altura sobre los que se han establecido las masías de can  
Pol, La Terrera y can Manco. Esta es la zona de materiales sedi-  
mentarios descrita por VIDAL, (24) (25) el cual la consideraba in-  
tegrada por tres horizontes:

1. Arenas formadas por elementos locales con gruesos cantos  
graníticos en su base y fragmentos de lava.
2. Arcilla de can Pol con menilitos (ninots).
3. Arcilla grisobscura, verdosa, con restos de vegetales car-  
bonizados.

El horizonte 1) ocupa principalmente el cerro de can Pol y se  
puede estudiar muy bien en la trinchera del ferrocarril a unos  
300 m. de la estación de Caldas. En dicha trinchera se observan  
estas arenas suavemente plegadas y con marcado buzamiento ge-

neral hacia el NE. El espesor visible es aproximadamente el de la trinchera, es decir unos 10 m. Los elementos que integran estas arenas son muy variados. Predominan los graníticos, los de basalto y de lava, pero existen también pizarras en un 10 por 100. Se trata por consiguiente de un material poligénico en cuya formación han intervenido cantos de materiales muy lejanos, pues las pizarras más próximas se encuentran en la actualidad a unos 10 km. del yacente.

El horizonte 2) de Vidal, es difícil de definir, pues se confunde con el 1) y con el 3). Se encuentra en los campos de las inmediaciones de can Pol, donde se recogen menilitos (ninots) y fragmentos de tallos de dicotiledóneas silicificados.

El horizonte 3) es el que tiene más extensión y potencia. Se desarrolla principalmente entre can Pol y la Terrera, dando material a los cultivos de estas dos masías. No tiene una estratificación clara pero por apoyarse sobre las arenas de can Pol, Vidal lo dibujó buzando también hacia el NE. y seguramente tiene esta disposición. La potencia de esta capa es muy difícil de calcular dada la ausencia de cortes naturales o artificiales pero aproximadamente puede atribuírsele unos 20 m.

#### b) *Zona oriental*

Al E. de la Riera de Caldas la composición del suelo parece haber cambiado, pues nuevos materiales, aparentemente sin relación directa con los anteriores, hacen su aparición en el conjunto. Además, el fondo del valle está cubierto totalmente por terrenos recientes, arenas de desagregación del granito y pobres lechos de arcillas depositadas por la Riera de Caldas, de manera que la continuidad hacia el E. de las formaciones de can Pol y de La Terrera queda interrumpida por la vaguada de la Riera de Santa María. Si a esto se añade que la clara sucesión estratigráfica de la zona occidental no existe aquí y que los materiales se enriquecen con nuevos elementos, fácil es comprender que para determinar la

disposición de los estratos en esta zona se necesite de un análisis meticulado y circunspeto. A esto hay que añadir aun que los edificios de la población cubren gran parte de los materiales superficiales, lo que constituye una nueva dificultad.

Por otra parte, esta zona es la más interesante desde el punto de vista que me ocupa, pues es en ella donde emergen las aguas termominerales, de manera que me ha sido preciso realizar un estudio detenido de estos materiales, para lo cual he aprovechado las facilidades que me ha proporcionado el señor Soler, para la exploración minuciosa de gran parte de los numerosos pozos que se han abierto para la explotación de aguas f. eáticas. Esto me ha permitido adquirir un conocimiento bastante exacto de la disposición de los materiales sedimentarios de Caldas al E. de la Riera de Santa María y de sus relaciones con las capas ya descritas de can Pol. Enumeraré sucesivamente los materiales por antigüedad y procuraré encontrar sus mutuas relaciones.

#### 1. Granito, y sus productos de alteración.

Ya he indicado que era el granito, la roca que formaba el zócalo sobre que se asientan todos los materiales modernos de la comarca de la Selva. Así ocurre también en Caldas de Malavella, donde el granito aparece dominando la población por el NE., pues integra los cerros que circundan la villa y los sedimentos cuaternarios de can Pol, los cuales ocupan precisamente el fondo de una cubeta excavada en el fondo de esta roca.

El granito de los alrededores de Caldas es el normal reconocido en toda la Cadena Costera Catalana. Igualmente, la estructura de la masa granítica y su alteración es también la corriente en esta clase de materiales. Está pues, atravesado por numerosos diques de rocas eruptivas posteriores, principalmente aplitas, pegmatitas y pórfidos diversos y toda una compleja red de diaclasas, común en estas rocas como ya ha demostrado CLOOS. El aspecto exterior de este granito es muy distinto del que tiene la roca fresca. Sabido es ya el proceso de caolinización en virtud del cual, los feldspatos del granito se transforman en arcillas, que son fácilmente de-

rrubiadas, quedando una arena o lehm granítico más o menos compacto que en la región en general se denomina «sauló», y que en Caldas de Malavella se le da la denominación de «gresa», aun cuando creo, que esta misma denominación se aplica a cualquier arena más o menos cementada.

Esta alteración fácil del granito, ha determinado la formación de una capa de materiales de espesor variable entre 2 y 5 m. que cubre el granito doquiera este aflora. En los cerros algo más escarpados, el sedimento (gresa) ha sido derrubiado y entonces se acumula en las vaguadas, cubriéndolas. Este fenómeno ha ocurrido precisamente en el valle de Caldas, con la particularidad de que aquí, como la vaguada está cubierta por las formaciones cuaternarias ya mencionadas en can Pol, la «gresa» cubre dichos sedimentos imposibilitando su observación directa. Existen pues aquí dos tipos de «gresa». Una «gresa» «in situ», depositada sobre el granito y otra «gresa» derrubiada, mucho menos compacta depositada indistintamente sobre cualquier clase de materiales.

Estos depósitos de «gresa» se observan muy bien tanto en el propio valle de Caldas, Riera de Santa María, como al N. de la carretera de Cassá de la Selva y entre esta carretera y can Teixidor. Igualmente se perciben claramente entre can Rufi y el campo de fútbol de Caldas y también en los cerros del S. de este último punto. Toda la zona NO. de la vía férrea está ocupada también por este mismo material.

## 2. Arcosas.

Se trata de rocas sedimentarias cuyos elementos son eminentemente feldespáticos. En este sentido las rocas del Puig de las Molleras, no son verdaderas arcosas, sino más bien un conglomerado casi poligénico, pues entre los elementos que la componen existen pizarras metamórficas y calizas paleozoicas, además de abundantísimos elementos del granito, todos ellos de marcado carácter brechoide.

Este material está fuertemente cementado por cuarzo, lo que indica tal vez una actividad geiseriana, precursora de las actuales

emisiones hidrotermales. El cuarzo que traba los elementos de esta roca detrítica, le da una resistencia y una compacidad extraordinarias mucho mayor que la que pudiera tener el granito, que como ya he indicado en contacto con la atmósfera se altera fácilmente transformándola en «gresa».

Esta roca está atravesada por dos sistemas de diaclasas bien claros que pueden estudiarse muy bien en las canteras abiertas para su explotación en el Puig de las Moleras. Uno es de dirección NO-SE. que es el más importante y otro de dirección E-O. El primero forma haces muy apretados y en ocasiones toma aun, rumbos N-S. En las inmediaciones de can Rufi y alrededores del cementerio de Caldas, las diaclasas de este sistema, de la vertiente SE. del Puig de las Moleras, aparecen rellenas de ópalo, calcedonias y baritinas, que evidencian repito, una intensa actividad geiseriana pre-actual. El otro sistema E-O. es poco importante. Sólo algunas diaclasas aisladas lo integran y ninguna de ellas ha sido rellenada por filones de especie alguna.

El tamaño de los elementos de este conglomerado es muy diverso. Estudiando las canteras del Puig de las Moleras, se observa que las capas están dispuestas en estratificación cruzada y abundan pequeñas cuñas de elementos muy finos que se introducen entre capas de elementos mucho más gruesos. Las capas finas son arenas muy micáceas, las cuales toman mucha extensión hacia el E. del Puig de las Moleras en los alrededores del cerro de la Bassa donde contienen además, restos de vegetales silicificados. En este cerro, el conglomerado ha pasado a una franca arcosa de elemento bastante fino y son muy raros los elementos de más de algunos milímetros. Estas arcosas se extienden también bajo la población de Caldas, según puede verse claramente en las calles del E. de la villa donde además se reconocen muy bien las diaclasas del sistema NO-SE. Los mismos materiales aparecen en el fondo del pozo de «La Mina», según puede comprobarse todavía en la parte no cubierta por la obra de captación.

Estas arcosas se apoyan directamente sobre el granito, como

puede verse muy bien, en la vertiente oriental del Puig de las Moleras y en el cerro de la Bassa, ya mencionado. Allí se ven estas capas suavemente inclinadas al NO. descubriendo su espesor que como máximo lo tienen de unos 20 m. Se trata pues sin duda ninguna de las capas más inferiores de la formación sedimentaria de Caldas de Malavella.

Pero estos conglomerados arcósicos del Puig de las Moleras y de los alrededores de Caldas en general, no son los sedimentos típicos, sino que como ya hemos dicho aparecen profundamente enmascarados por las emisiones silícicas hidrotermales hasta el punto de cambiar totalmente la faz de la roca, lo que hizo que un geólogo de la talla de Vidal (24, 25) las confundiera con el granito. Para encontrar las arcosas sin alteración alguna hay que alejarse bastante hacia el W. y NW., fuera ya de la influencia termal y aparecen entonces los sedimentos arcósicos extremadamente sueltos y en ocasiones fácilmente confundibles con los productos de alteración del granito, de los que en realidad proceden. De aquí que casi siempre los límites entre el basamento granítico y los sedimentos sean a veces imprecisos.

Estas rocas se extienden sobre todo hacia el E. donde enlazan con los depósitos pliocénicos de Gerona, motivo por el cual Solé (22) las sitúa en este período.

### 3. Arcillas y travertinos.

En Puig de las Moleras, el conglomerado arcósico descrito aparece desnudo de todo otro sedimento. Pero en el llano donde se asienta la población de Caldas de Malavella, se halla oculto bajo un manto de sedimentos más recientes, según lo ha puesto de manifiesto la sección observada del mismo durante las obras ya mencionadas en el Manantial «La Mina».

Este pozo que tiene la profundidad de 9 m. cortó todos los materiales superpuestos a las arcosas que de abajo a arriba son los siguientes:

1. Arenas cementadas por sílice semejantes a las de can Pol 0,5 m.
2. Arcillas gris verdosas, de aspecto turboso, muy plásticas, con restos carbonizados, cantos de lava, numerosos restos de vertebrados y lechos de travertino. 3,5 m.
3. Capa compacta de travertino. 1,5 m.
4. Arcillas claras y arenas actuales (gresa) 2,5 m.
5. Suelo vegetal.

Estos sedimentos son evidentemente cuaternarios, según ponen de manifiesto la presencia de los restos de vertebrados en los que se reconocen *Cervus* (ciervo) *Bos* (buey) y abundantes *Equus* (caballo). La presencia de restos vegetales, casi en putrefacción aún en la arcilla oscura, revela la presencia de una laguna casi ya rellena de sedimentos en la que empezó a producirse un proceso de fermentación carbónica y la consiguiente producción de turba. Esta zona, debía pues, ser en el cuaternario una turbera, dentro de la cual emergían las fuentes de Caldas de Malavella, tal como pasa actualmente en ciertas localidades como Padul (Granada) donde las aguas artesianas afloran en el turbal actual.

Estos sedimentos no están localizados en el fondo de «La Mina», sino que por el contrario se extienden hacia el O. y forman la mayor parte del basamento sobre que el está edificada la población de Caldas de Malavella. Únicamente que la edificación, los numerosos cultivos y las arenas actuales y suelos de labor, impiden o dificultan la observación directa.

Los afloramientos más claros están situados al N. de la población entre el pozo de «La Mina» y el balneario del Vichy Catalán. Los travertinos se extienden desde dicho manantial hasta la Plaza de los Pollos y el vecino manantial de Raitg d'en Mel emerge entre ellos. Igualmente el pozo de D. José Salvador, los ha cortado.

Los pozos de can Fábregas y de Can Carbó, como la mayoría, están revestidos de mampostería y no puede observarse su sección, pero en el pozo de can Banyas y en la propia plazuela de la Cár-

cel, aflora claramente el travertino, que se extiende hacia el N. hasta la próxima carretera de Llagostera y por el S., lo he seguido hasta el pozo de can Boada abierto también íntegramente en él.

La suave loma sobre la que está edificado el Balneario de Agua Imperial (San Grau) está formado íntegramente también por travertinos, los cuales quedan claramente al descubierto en las antiguas Termas romanas donde tienen capas hasta de 20 cm. de arcilla turbosa. Igualmente están cortados y al descubierto en el propio huerto situado al SO. del Balneario Imperial. No cabe la más pequeña duda de que ha sido la dureza de estos materiales, en comparación con las arcillas turbosas más blandas circundantes, la que ha proporcionado el leve relieve de la loma de San Grau.

Todavía más al O. aparece otro afloramiento de travertinos, tan claro y bien desarrollado como el de San Grau. Se trata del cerrito denominado Puig de las Animas, en el que emergen las fuentes que proporcionan el agua a Vichy Catalán, y en cuyas inmediaciones está edificado este Balneario. Este cerro, descrito ya desde hace muchos años por Vidal, en la obra ya mencionada, está integrado por una masa de travertino, en la que dicho autor distingue dos capas: una inferior muy compacta y probablemente bastante antigua y otra superior más porosa y muy reciente. Entre estas dos capas de travertino se intercalan lentejones de hasta 0,5 m. de arcillas turbosas entre las cuales se han encontrado restos de vertebrados y numerosos objetos trabajados por el hombre neolítico que también han sido descritos por Vidal. El espesor visible de estas capas travertínicas es la altura del cerro es decir unos 6-8 m. comprendidas las arcillas intercaladas.

Las arcillas gris verdosas con restos de vegetales, no son de observación tan fácil, debido a que por su plasticidad son elementos menos sobresalientes en el relieve y además dadas sus cualidades para el cultivo, constituyen muchos de los huertos del interior y de los alrededores de la población. No obstante aparecen muy claramente entre el cerro de San Grau y el Puig de las Animas especialmente en el huerto situado entre el Paseo del NE. del citado Puig

de las Animas y el camino de Franciach. Igualmente se extienden al SO. del Balneario Vichy Catalán y probablemente ocupan en estas inmediaciones la vaguada de la Riera de Santa María dada la excesiva impermeabilidad del suelo. La serie de pozos situados al S. de la población en los huertos de D. José Soler e inmediatos, probablemente cortan también las arcillas en cuestión, pues tienen todos una profundidad de 8-9 m. lo que hace sospechar que recogen las aguas freáticas drenadas por las capas de arenas superpuestas a las arcosas inferiores impermeables. Igualmente el pozo propiedad de Don Pedro Surroca situado en la otra vertiente de la Riera de Santa María, tiene 12 m. de profundidad y ha cortado únicamente arcillas sin encontrar ningún nivel freático.

Esto hace suponer que las arcillas oscuras turbosas, forman el subsuelo de la mayor parte de la población de Caldas, especialmente su región media y meridional, pues como ya he indicado en la zona norte es donde aparecen los depósitos travertínicos y las arcosas.

c) *Relaciones mútuas entre todos estos materiales*

Vista ya la clase de materiales de que se compone el subsuelo de Caldas de Malavella y su distribución superficial y vertical, cabe ahora antes de abordar el problema hidrológico, indagar las posibles relaciones entre unos y otros elementos petrográficos para poder tener claros elementos de juicio.

Enseguida salta a la vista la presencia de dos tipos de materiales completamente independientes, genéticamente y aún desde un punto de vista práctico: el granito, que constituye el basamento general, como ya se ha indicado, de la comarca de La Selva y la serie sedimentaria integrada por arcosas, arenas, arcillas y travertinos.

Ya he indicado también que la segunda serie de materiales se han formado en una turbera, desarrollada sobre una cubeta excavada en el granito, de manera que el problema estratigráfico que

se plantea inmediatamente es la relación existente entre el corte del Puig de las Moleras y la serie de can Pol, que a primera vista pueden tener caracteres algo distintos.

En efecto: recordamos que en can Pol, la serie sedimentaria empieza con arenas gruesas con numerosos fragmentos de lava y algunos cantos de granito y de pizarra, apoyándose sobre el granito y soportando las arcillas turbosas. En La Mina en cambio, sobre el granito aparece una arcosa de enormes elementos ce-

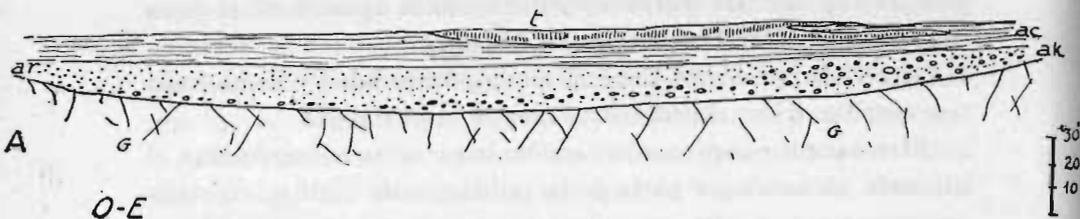


Figura 1.—Estratigrafía comparada de los terrenos plio-cuaternarios de Caldas de Malavella.

G.—Zócalo granítico. Plioceno: ak.—Arcosas de elementos gruesos y conglomerados arcóscicos. ar.—Arcosas de elementos finos y poco cementados. Cuaternario. ac.—Arcillis turbosas con melinitos y restos de mamíferos cuaternarios. t.—Travertinos con industria neolítica.

mentados por sílice, con numerosos lechos de arenas intercalados. Sobre esta roca se apoyan igualmente las arcillas turbosas. La sucesión en ambas localidades es pues la siguiente:

<u>Can Pol</u>	<u>Puig Moleras</u>
Arcillas turbosas 20 m.	Arcillas turbosas 3,5 m.
Arenas 10 m.	Arenas 0,5 m.
Granito	Arcosa 20 m.

Si se comparan ahora, los sedimentos de ambas localidades, que precisamente he escogido en primer lugar por presentar una sucesión muy clara, y en segundo lugar por ser los puntos extremos de la cubeta, se observará que en el Puig de las Moleras las arenas tienen muy poco espesor y en su lugar existe una capa de

22 m. de conglomerados arcósicos. Existe pues una modificación petrográfica lateral, de O. a E. pues en can Pol el sedimento de base es una arena y el Puig Moleras es un conglomerado. Las arcillas del segundo horizonte en cambio se conservan con los mismos caracteres pero pierden potencia hacia el E. pues de 20 m. en can Pol pasan a reducirse a 3,5 m. en el pozo de La Mina. Estos razonamientos deben de obligar a actuar con la máxima precaución y prudencia en los estudios sobre aguas freáticas o termales en el valle de Caldas de Malavella, pues en un régimen como éste, fácil es comprender que deben ser frecuentes y difíciles de localizar los caudales de aguas freáticas y numerosas las anomalías de yacimiento.

Los travertinos, desde el punto de vista estratigráfico general, desempeñan un papel muy secundario, pues, su depósito se debe exclusivamente a las aguas termales que como ya he indicado emergían, durante el cuaternario en el interior de la laguna convertida en turbera. Debido a su génesis, precisamente, están localizados en los puntos de emergencia de las fuentes durante el cuaternario que por lo visto deben de ser los mismos, casi, que en la actualidad. Además, estos travertinos están íntimamente interestratificados con las arcillas turbosas, según ha descubierto el pozo de La Mina, y según puede verse además, en San Grau (piscinas romanas) y en el Puig de las Animas.

Resumiendo, pues, la estratigrafía del sedimento de Caldas de Malavella se nos aparece de la manera siguiente; de abajo a arriba:

En la base: Granito.

1. Lecho detrítico inferior de 15 a 20 m. de potencia integrado por arenas al O. y por conglomerados arcósicos al E. de la Riera de Santa María.

2. Capa de arcilla turbosa de 4 a 20 m. de potencia.

3. Travertinos de 1 a 8 m.

La capa 1 puede situarse en el plioceno superior, dadas sus relaciones con los sedimentos ya francamente pliocénicos de Gero-

na (22); las capas 2-3 son francamente cuaternarias como lo acredita la fauna de mamíferos que contienen.

d) *Estructura actual de estos materiales*

La estructura de los materiales cuaternarios de Caldas de Malavella y su relación con el zócalo granítico es muy compleja y requiere un estudio detallado y aparte. Solamente voy a mencionar pues a continuación, los rasgos estructurales generales, y especialmente aquellos que puedan guardar relación con las condiciones sanitarias de las fuentes termales, única finalidad de todos estos preliminares.

La observación meticulosa de la estructura de cada una de las capas descritas, demuestra que en conjunto, la turbera cuaternaria de Caldas de Malavella, ha sido comprimida lateralmente, fracturada en algunos puntos y plegada en conjunto en sinclinal.

En efecto, en can Pol, las capas de arena de la trinchera del ferrocarril, buzan claramente al E-NE y el mismo rumbo deben de seguir las arcillas superpuestas. En el Puig de las Animes, las capas de travertinos y por tanto su yacente arcilloso, están completamente horizontales y en el Puig de las Moleras, las arcosas buzan claramente al O-NO. El régimen sinclinal, no puede pues, ser más claro. Además, existe una desnivelación estratigráfica y altimétrica entre las arcosas del Puig de las Moleras y la base de las arcillas del fondo del Pozo de la Mina, producida seguramente por una diaclasa del sistema NO-SE. que ha jugado como falla, hundiendo la zona occidental del Puig de las Moleras unos 8 m. Por esta microfatura afloran las aguas del manantial La Mina.

B) *Régimen subterráneo normal*

Conocida ya a grandes rasgos, pero con suficiente detalle, la estratigrafía y estructura de los materiales cuaternarios superpuestos al zócalo granítico de Caldas de Malavella, es necesario

ahora, investigar el régimen de aguas subterráneas normal, es decir las aguas freáticas.

a) *Tipos de materiales por su permeabilidad*

En el valle de Caldas de Malavella, la circulación subterránea normal es más compleja de lo que parece en realidad, pues cada uno de los cuatro tipos de materiales que he distinguido al tratar del capítulo de Estratigrafía, actúa desde este punto de vista de una manera distinta. En este sentido son permeables, las arenas de can Pol, las arcosas del Puig de las Moleras y los travertinos; son impermeables únicamente las arcillas turbosas.

Pero aún estos tres tipos de materiales permeables, se comportan cada uno de manera diferente, es decir tienen diferentes tipos de permeabilidad. Las arenas de can Pol, son el prototipo de material permeable, es decir absorben agua por *imbibición* y constituyen por lo tanto verdaderas capas freáticas.

Las arcosas del Puig de las Moleras poseen la permeabilidad que Daubreé llama «en pequeño», pues el agua tratándose de una roca compacta, únicamente puede introducirse por las fisuras, es decir que en este caso hay una verdadera «infiltración». No obstante en estos materiales, el fenómeno se realiza aún en muy pequeña escala, pues los haces de diaclasas NO-SE., que son los únicos importantes, no tienen capacidad para una absorción en gran escala. A esto hay que añadir la insolubilidad absoluta del material, pues está fuertemente cementada toda la masa con sílice, de manera que la absorción del agua por las arcosas es prácticamente nula y por lo tanto, desde este punto de vista actúa como una roca totalmente impermeable.

Finalmente los travertinos del Puig de las Animas, de San Grau y del Raitg d'en Mel, son rocas *extraordinariamente porosas y solubles*, que absorben agua en gran escala, tanto a través de sus miríadas de poros macro y microscópicos, como a lo largo de una túpida red de leptoclasas que las cruza. Es pues un tipo de absorción

mixto, en el que la solubilidad extrema de la roca, hace asimilar en todo a un tipo de circulación cárstica en su grado más superlativo.

Las arcillas, en cambio, son totalmente impermeables. Absorben gran cantidad de agua, pero una vez saturadas, rechazan nuevas cantidades e imposibilitan toda infiltración.

#### b) *Comportamiento de estos materiales*

Vistas las características físicas de estos materiales y su comportamiento con el agua telúrica, fácil es deducir ya, conociendo su estructura, las características que tendrá el régimen subterráneo en el valle de Caldas de Malavella.

Existen según lo que antecede, dos zonas permeables, las arenas y los travertinos separadas por una capa impermeable, las arcillas turbosas. Las arenas, dado la estructura del conjunto en sinclinal, afloran en los bordes de la cubeta (por ocupar el nivel más inferior, especialmente en el borde occidental, pues como ya he indicado hacia el E. pasan a las arcosas del Puig de las Moleras) y se hundén en el centro unos 30 m. pues en can Pol aparecen a unos 20 m. sobre el llano y se las encuentra a 8-10 metros en los pozos del interior de la población. Esto determina la formación de un nivel freático de 8-10 m. de profundidad en toda la zona oriental de la Riera de Santa María, aun con un cierto artesianismo provocado por la capa arcillosa supracente, según lo demuestran los numerosos pozos que existen en el interior de la población de Caldas, tales como son los tres pozos del Balneario Soler, los pozos del huerto del Sr. Soler y adyacentes de la Rambla y los terrenos del Sr. Rufi, que tienen todos una profundidad muy constante de 8 a 10 m. y el agua aflora hasta los 5 m. de la superficie. Esta agua por lo demás es completamente normal y no ofrece, ni por su temperatura ni por su composición, señal alguna de una posible mezcla con las aguas termo-minerales.

Los travertinos, que ocupan la zona permeable superior, tienen características hidrológicas muy diferentes. Ha sido posible cono-

cer su estructura, disposición estratigráfica y características, después de la observación detenida, no solo de los afloramientos superficiales, sino además de cuatro pozos situados a distancias convenientes y emplazados todos ellos dentro de la masa travertínica: el pozo de can Banyas (plaza de la Cárcel) pozo de can Boada (calle Pla y Daniel) Pozo Carbó (cerca de la plaza Consistorial) y Pozo Fábregas (calle Mayor).

Pozo de can Banyas. Tiene 1, 5 m. de profundidad, totalmente cortado en los travertinos que allí alternan con capas de arenas compactas. La escasa agua que actualmente se encuentra en este pozo tiene 19° C. Se desprende bastante cantidad de vapor.

Pozo de can Boada. Tiene una profundidad de 4 m. cortado completamente en los travertinos, en la capa inferior muy compacta y dura. Agua muy mineralizada a 22° C.

Pozo de Carbó. Tiene 3 m. de profundidad. Cortado también en los travertinos. Agua fría y sin mineralizar.

Pozo de D. Pedro Fábregas. Profundidad 2 m. Está revestido de mampostería, pero según referencias, fué cortado también en los travertinos. Agua fría. Algo mineralizada.

Las características del agua de estos pozos y su situación, todos ellos dentro de la masa travertínica, hace sospechar una génesis mixta, producida, tanto por el agua de infiltración, como por el agua termal. En su lugar oportuno abordaré ampliamente este problema; pero de lo que no cabe aquí la menor duda es de la presencia de una activa circulación en los travertinos, de agua de infiltración, que es absorbida por los poros del material y que circula a través de las leptoclasas que lo cruzan, deteniéndose en contacto con la capa inferior de arcillas impermeables.

*Existen dos niveles freáticos: uno profundo en las arenas con agua en condiciones normales, y otro superficial, en los travertinos con agua tibia y mineralizada muchas veces.*

C) *Aguas termales*

Existen, como ya es sabido en Caldas de Malavella, tres grupos de fuentes termales situadas en la zona septentrional de la población y que denominaré, para mayor facilidad Grupo de la Mina, Grupo de San Grau y Grupo del Puig de las Animas.

Cada uno de estos grupos contiene los manantiales que expongo en el siguiente cuadro, con los aforos realizados antes de las obras realizadas en el manantial La Mina.

*Grupo de la Mina*

Manantial de la Mina	172,08 l./ minuto
» Raitg d'en Mel	13,08 l./ minuto

*Grupo de San Grau*

Manantial San Narciso	3,68 l./ minuto
» Font d'en Plá	29,64 l./ minuto
» Hospital	0,65 l./ minuto
» Raitg San Grau o Roquetas	38,16 l./ minuto
» Bullidors	13,08 l./ minuto

*Grupo Puig de las Animas*

Manantial del Hgado	1,26 l./ minuto
» Cantera n.º 3	2,46 l./ minuto
» Font Chica n.º 2	5,40 l./ minuto
» Surtidores o Font Gran n.º 1	23,23 l./ minuto

Todas estas fuentes emergen en los travertinos, cosa que no es de extrañar pues ya he indicado anteriormente, que estos depósitos se debían exclusivamente a las fuentes termales. Únicamente el manantial La Mina después de las obras realizadas, emer-

ge como también he indicado por la microfalla de la arcosa del Puig de las Moleras.

Las características del travertino, es decir su porosidad extrema y su sistema de leptoclasas, determinan la dispección del agua termal, dentro de su masa, lo que da origen a la multiplicidad de fuentes, a los escasos caudales que se han aforado en casi todas ellas, y a la diversidad de sus temperaturas.

En efecto, estas tres características de las fuentes termales de Caldas de Malavella, no pueden ser debidas a otra cosa que a la

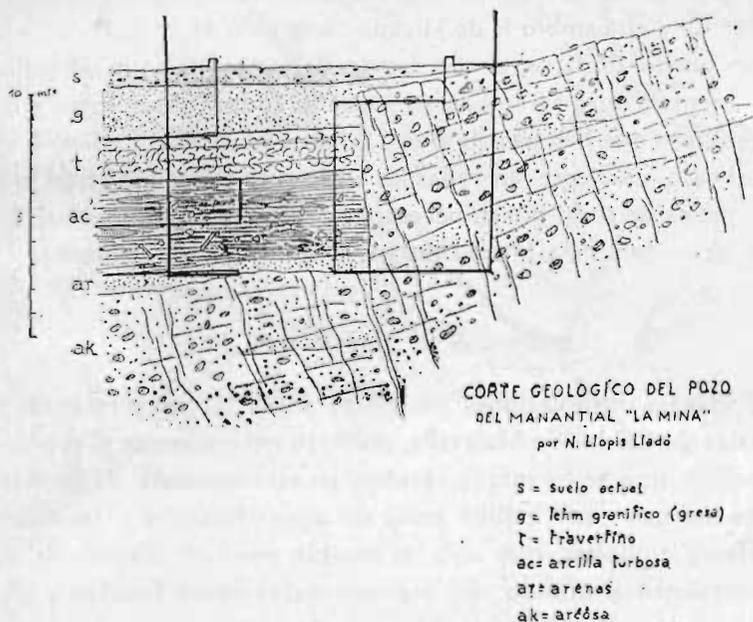


Figura 2

presencia de la masa travertínica, pues ya es sabido por las experiencias obtenidas de innumerables estaciones termales (De Launay. Eaux thermo-minerales) que los depósitos travertínicos dificultan la libre salida del agua y acaban a la larga con la obstrucción definitiva de las grietas madres, lo que obliga a los aguas emergentes a buscarse nuevas salidas.

En cuanto a las diferencias de temperaturas es una cosa clara y evidente; no hay sino comparar las distintas temperaturas de las fuentes entre sí para convencerse de ello. En el manantial La Mina antes de las obras realizadas, el agua emergía a 56° C. y ahora entre los labios de la microfalla aflora a 60° C. Las fuentes de San Grau y las de Vichy Catalán, son otro ejemplo bien patente. En la masa travertínica del Puig de San Grau, la termalidad alcanza los 56° y 58° C. para los manantiales de agua Imperial, mientras los pozos de can Banyas y can Boada alcanzan solo 19° y 22° C. respectivamente. En el Puig de las Animas, todas las fuentes alcanzan los 58° C. y en cambio la de Hígado tiene solo 48,3° C.

No puede dudarse, por lo demás, del origen común de todas estas fuentes, pues así lo han atestiguado todos los geólogos e hidrogeólogos que han pasado por Caldas de Malavella y además, es este el caso corriente en todas las estaciones termales, de tal manera que es de todo punto necesario, *atribuir estas características diversas, de composición y termalidad a causas distintas de las genéticas.*

#### D) *El problema de las aguas termales de Caldas*

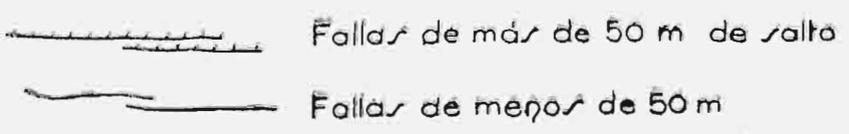
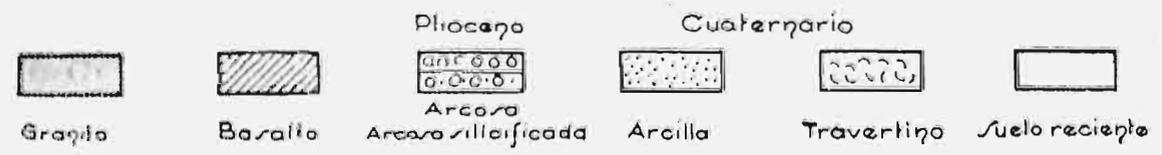
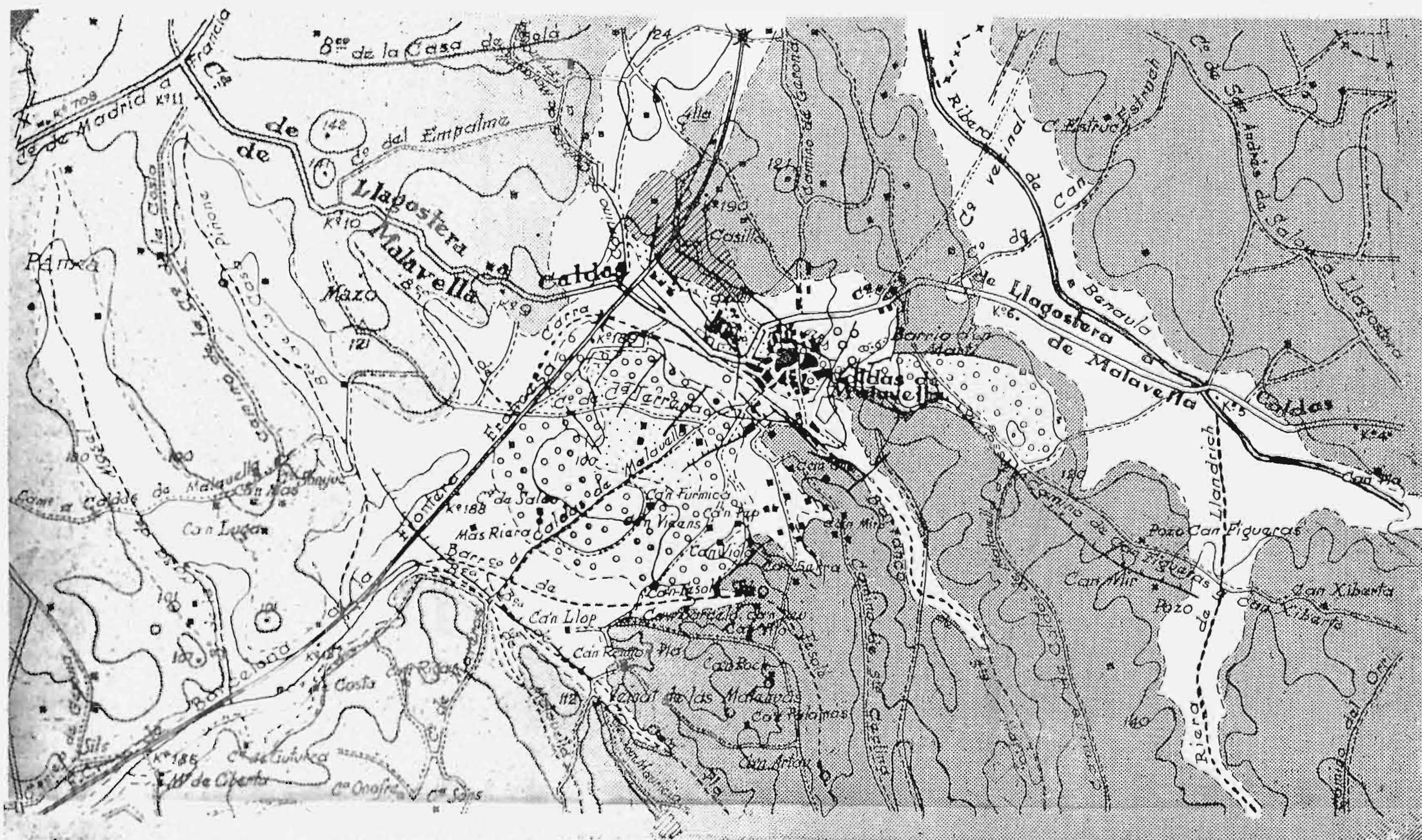
Todas las observaciones anteriores sobre las aguas freáticas y termales de Caldas de Malavella, plantean naturalmente el problema básico, que he intentado resolver en esta memoria, de las relaciones mútuas entre ambos tipos de agua (freáticas y termales) problema complejo, que sólo es posible resolver después de un conocimiento profundo del régimen subterráneo freático y termal *para el caso particular de Caldas de Malavella*, pues no es posible aplicar consideraciones de carácter general a estos complejos problemas hidrológicos.

Voy pues, a continuación, intentar resolver, a que se deben estas diferencias de composición y termalidad de Caldas de Malavella, entre manantiales tan próximos y de características tan semejantes.

# MAPA GEOLOGICO DE LOS ALREDEDORES DE CALDAS DE MALAVELLA

POR

N. LLOPIS LLADO



ESCALA 1:25000

Fig. 3

a) *Generalidades sobre la mezcla de líquidos a diferente presión, tempe-  
ra y salinidad*

Ante todo para poder abordar con éxito este problema es necesario estar en antecedentes sobre las generalidades de mezcla de líquidos con caracteres físicos distintos.

Es ya sabido, que cuando dos líquidos a diferente concentración se ponen en contacto, se establece un intercambio entre ambos en virtud del fenómeno denominado *difusión*, fenómeno que tiende a poner a ambos líquidos a la misma concentración y que cesa cuando se alcanza la isotonía.

En cambio, poniendo en contacto dos líquidos a igual concentración, pero a diferente presión, no hay mezcla; es el conocido caso de las fuentes artesianas, que emergen en las vaguadas de los ríos y en el centro de los lagos. No obstante si la masa de agua suprayacente es lo suficientemente espesa, para que su presión hidrostática equilibre la presión de la fuente ascendente, se produce la mezcla y el manantial no aflora en superficie. (Principio de las presiones hidrostáticas recíprocas).

Si se ponen finalmente en contacto, dos líquidos a distintas temperaturas, se produce igualmente una mezcla que tiende a dar al conjunto una temperatura media entre ambas extremas.

Todas estas generalidades son aplicables de una *manera absoluta*, únicamente en el caso del *agua libre*, es decir, circulando a través de tubos y sujeta exclusivamente a las leyes de la gravedad, y a los escasos rozamientos marginales, pero evidentemente cada uno de estos ejemplos se complicará cuando el líquido en lugar de circular a través de tuberías lo haga en una masa porosa tal como es una roca permeable.

Por otra parte, se complicará también enormemente cada uno de estos fenómenos generales descritos, si se ponen en contacto dos líquidos que reúnan a la vez, las tres características distintas, es decir, que estén a diferente salinidad, presión y temperatura, pues mientras las diferencias de presión tenderán a una separación

de ambos líquidos, las diferencias de temperatura y de salinidad tenderán a una mezcla.

Si ahora concurren en los dos líquidos en contacto, los dos grupos de condiciones, es decir, que tengan distinta presión, salinidad y temperatura y no circulen libremente sino en el interior de una masa porosa el fenómeno será extraordinariamente complejo. Este es precisamente el caso de Caldas de Malavella y el de la mayor parte de las estaciones termales.

En todas las estaciones termales estudiadas, existen fuentes a distintas temperaturas. De tal manera es general el caso que se ha hecho el esquema de la estación termal ideal, distinguiéndose en ella tres zonas de mineralización y termalidad: 1.º Una zona más profunda y central, con agua a la máxima temperatura y mineralización; 2.ª Una zona más elevada y media con agua a menor temperatura y mineralización y 3.º Una zona superficial y más externa con agua a escasa mineralización y temperatura. En todos los casos se atribuyen estas tres zonas precisamente a las proporciones de aguas superficiales que llevan mezcladas a cada una de ellas. Así mientras la zona central y más profunda tendrá un 80 por 100 de agua termal y un 20 por 100 de agua superficial, la zona externa tendrá sólo un 10 o 20 por 100 de agua termal y un 80 o 90 por 100 de agua superficial. La zona intermedia será realmente la media entre ambas y todavía en una zona más profunda no habrá mezcla (principio de las presiones hidrostáticas recíprocas). Entonces esta aureola de agua mezcla de termal y superficial, aísla de todo contacto exterior al agua termal más profunda, procedimiento que ha sido aplicado artificialmente en diversas naciones de Europa y América para aislar las aguas termales de posibles contaminaciones de aguas superficiales.

Como se ve, pues, según las anteriores consideraciones, extraídas de la experiencia y del estudio de múltiples investigadores, físicos e hidrólogos, la mezcla de agua superficial y termal es en el 98 por 100 de los casos *no solo posible, sino inevitable*. Voy ahora, a

analizar el caso particular de Caldas de Malavella, para ver las posibilidades de la mezcla.

b) *La circulación de agua termal y superficial en la masa de travertinos de Caldas de Malavella*

Existiendo, según ya he indicado, en el valle de Caldas de Malavella, dos zonas de infiltración, las arenas inferiores y los travertinos superiores, hay que prever la posibilidad de una mezcla en ambas capas.

Las arenas inferiores, ya he dicho que constituyen una capa freática que se aprovecha y explota en el subsuelo de Caldas, por medio de numerosos pozos, algunos de los cuales he mencionado ya. El agua de este nivel freático, como también ya he indicado, es completamente normal y no ofrece señal alguna de mineralización y por tanto de mezcla. Tal vez no sea ajeno a este fenómeno el paso de las arenas a arcosas hacia el E., lo cual haría cambiar las características físicas de la roca y por tanto su permeabilidad. (Ya se ha indicado también que las arcosas son prácticamente impermeables). No existe pues, según esto, posibilidad de mezcla de las aguas de esta zona, con las termales, por lo menos en gran escala.

El problema, debe pues resolverse en la zona superior travertínica, donde la presencia de agua mineralizada y a diferentes temperaturas hace sospechar un posible intercambio físico entre las aguas termales y las superficiales.

Ya he indicado oportunamente, el comportamiento del travertino con el agua superficial, imbibiendo e infiltrando, dada su porosidad y su fisuración. De esto resulta que el travertino es una roca eminentemente permeable, pues posee los dos tipos de absorción (imbibición e infiltración) dando por resultado, que puede compararse a una verdadera esponja. Una inyección de agua termal dentro de un medio semejante provoca un complejo de fenómenos físico-químicos, de los cuales, los más elementales son los siguientes:

1.º Pérdida inmediata de la presión primitiva, al vencer la resistencia que le opone la masa empapada, de travertino.

2.º Dispersión de la inyección termal a través de las leptoclasas y de los poros del medio envolvente.

3.º Circulación, a presión ordinaria, del agua termal por el interior del travertino.

4.º Difusión del agua termal con la telúrica, existente ya en el travertino y mezcla consiguiente.

Estas consideraciones vienen corroboradas por una serie de observaciones:

1.º Todos los manantiales que emergen en los travertinos, tienen una presión muy escasa. Apenas emergen de entre sus depósitos, perdiendo todos sus gases entre los poros de la masa envolvente. Por el contrario el manantial La Mina, que emerge libre de todo obstáculo, lo hace a presión tan grande en comparación con los demás manantiales, que de no mantener una depresión determinada sobre el punto de emergencia, quedarían los demás en seco como ya ha demostrado la experiencia; no cabe pues la menor duda que esta pérdida de presión se debe a la necesidad de atravesar la masa de travertinos que hace emerger las fuentes a un nivel 1,2 o 3 m. más elevado que el normal.

2.º Que al pasar la inyección termal por el travertino hay dispersión, no cabe tampoco la menor duda. La prueba más concreta es la multiplicidad y la proximidad de los manantiales. En el Puig de las Animas aparecen cuatro manantiales en una superficie de unos 150 metros cuadrados. En San Grau ocurre otro tanto.

3.º Esta dispersión origina la disgregación de la columna líquida inyectada, en una serie, de masas independientes, de las cuales, las que conservan el máximo de presión, llegan a la superficie dando origen a manantiales. Las otras aprovechan la porosidad del travertino y se difunden en superficie, lo que da origen a una mezcla con aguas de superficie de que está empapado el travertino y el posible alumbramiento de pozos, que como los de can Banyas y

can Boada tienen mineralización y termalidad por tener por lo menos un 30 por 100 de agua termal o como los de Can Fábregas que solo tienen una ligera mineralización por tener solo un 3 o 4 por 100 de agua termal. Condiciones particulares de infiltración, pueden producir también, la emergencia de agua mezclada, como es el caso de la Fuente del Hígado del Puig de las Animas.

De todas estas consideraciones puede sacarse una conclusión:

*Las aguas termales de Caldas de Malavella, al emerger entre la masa de travertinos, pierden presión, y se difunden por la masa envolvente, mezclándose claramente con las aguas de superficie.*

## CONCLUSIONES GENERALES

Todo lo expuesto y analizado en los anteriores capítulos, me permite, pues sentar, de una manera definitiva y concreta, las siguientes conclusiones:

1.<sup>a</sup> En el valle de Caldas de Malavella, existen dos niveles de absorción de las aguas superficiales: uno formado por las arenas inferiores que se apoyan sobre el granito, y otro constituido por una masa de travertinos superpuesta a arcillas turbosas impermeables.

2.<sup>a</sup> El nivel freático de arenas, es completamente independiente de la circulación hidrotermal. El agua aparece en las condiciones normales en los numerosos pozos que se nutren del mismo.

3.<sup>a</sup> El nivel de calizas travertínicas es enormemente poroso, y por tanto permeable, absorbiendo agua superficial en gran escala, la cual es detenida por el nivel de arcillas impermeables subyacente.

4.<sup>a</sup> Las aguas termales que emergen entre estos travertinos, al atravesarlos pierden presión y se dispersan en la masa envolvente apareciendo en la superficie, únicamente los que conservan la presión más elevada.

5.<sup>a</sup> En la masa de travertinos, el agua termal, falta de presión se difunde con el agua superficial resultando de aquí una mezcla,

perfectamente clara en algunos manantiales y pozos (Fuente del Hígado, Pozos d'en Banyes y de can Boada).

6.<sup>a</sup> Las aguas superficiales de la masa de travertino pueden contaminarse fácilmente dadas las escasas condiciones que para la filtración poseen los travertinos, y por tanto puede también ser posible una contaminación de la mezcla.

7.<sup>a</sup> Esta mezcla de ambas aguas, produce inevitablemente la alteración de la termalidad y composición de las aguas minero-medicinales originarias.

8.<sup>a</sup> Donde no existe la masa de travertinos, o se ha limpiado artificialmente (Manantial La Mina), no existe evidentemente, peligro de contaminación ni de alteración físico-química alguna del agua minero-medicinal.

## II. ESTUDIO HIDROTECTONICO DEL VALLE DE CALDAS DE MALAVELLA

### ANTECEDENTES

En la primera parte de este estudio se indicaba solo de una manera somera la estructura profunda del valle de Caldas pues como ya he indicado se trataba solamente de la investigación del régimen subterráneo superficial. En él, omití pues, importantes detalles sobre la tectónica de los alrededores de Caldas de Malavella estrechamente relacionados con la génesis y especialmente con la emergencia de los manantiales hidrotermales.

Así pues, el objeto de la segunda parte es la descripción de la estructura tectónica del valle de Caldas de Malavella y su relación con los afloramientos termales de dicha villa.

### METODO DE TRABAJO

El estudio estructural de Caldas de Malavella, ofrece evidentemente múltiples dificultades. Cualquier geólogo ejercitado se da

cuenta inmediatamente de ello, pues escasean los cortes naturales, casi todos los alrededores están cultivados, los materiales que forman el valle tiene una plasticidad morfológica semejante lo que da un relieve sin contrastes y finalmente la estructura de detalle es de la máxima complejidad.

En estas condiciones, fácil es comprender que un estudio estructural no puede verificarse por los métodos ordinarios, pues darían resultados totalmente negativos. Hay que acudir a otros procedimientos, que nos revelan los más insignificantes detalles tectónicos, necesarios para llegar a conclusiones concretas.

Los únicos accidentes tectónicos visibles están localizados en el Puig de las Moleras, consistentes en claras fracturas y dos sistemas de diaclasas de rumbo que atraviesan las arcosas de dicho cerro. En el resto de la región, las dislocaciones son, naturalmente, deducidas y aun probablemente existen otras que no represento en los mapas por ser dudosas y cuya única localización sería a base de sondeos.

Además, la mayoría de estas dislocaciones son microfacturas, de manera que para deducirlas he necesitado un plano de precisión de la villa de Caldas de Malavella, que me ha proporcionado el ya mencionado Sr. Soler, plano levantado por D. Maximino Giner Domenech, ayudante facultativo de Minas, a la escala 1: 1000. Para los trabajos del exterior de la villa he utilizado una ampliación del Mapa Nacional a 1: 50000, a la escala 1: 25000.

He comenzado, por realizar una meticulosa inspección de los productos de alteración de los diferentes materiales que componen los alrededores de Caldas de Malavella, con objeto de poderlos reconocer en los cultivos mediante calicatas de 20 a 30 cm. Seguidamente he afinado la estratigrafía de la región, especialmente la parte que se refiere a espesores, dato importante para deducir los accidentes tectónicos. A continuación he utilizado los métodos de microtectónica, empleados modernamente y que me ha dado un resultado excelente en este caso. Mi querido amigo y com-

pañero, D. José M.<sup>a</sup> Fontboté me acompañó durante los trabajos, colaborando eficazmente en la realización de los mismos

#### A) *Datos estratigráficos*

En la primera parte de este trabajo «Las condiciones geológicas de emergencia de los manantiales termales de Caldas de Malavella», se dan ya los datos estratigráficos completos de la villa de Caldas de Malavella y de sus alrededores, de manera que aquí sólo haré recordar las características de conjunto y, particulares de sus materiales, para poder luego investigar con éxito su estructura.

El valle de Caldas de Malavella, está excavado en una cubeta modelada en el granito, roca que forma el zócalo de la depresión de La Selva. En esta cubeta, durante el plioceno y cuaternario se instaló una turbera, en la que primeramente se depositaron arenas y conglomerados con lechos interestratificados de limonita (hierro de los pantanos). El carácter grueso o fino de los elementos del sedimento, dependía naturalmente de la mayor o menor proximidad a los arroyos que cedían sus aguas a esta laguna. Poco a poco, los sedimentos aportados fueron rellenándola, depositándose entonces arcillas y transformándose la laguna en un «atolladero» en el que caían diversos animales, muriendo en él, como pasa actualmente en ciertas regiones del N. de Francia y Holanda. Los restos de la industria humana que se han encontrado en el Puig de las Animas (Vidal) (22) y en otros puntos (Font y Sagué) (15-16-17) eran probablemente restos abandonados en las proximidades del atolladero arrastrados allí por la lluvia o tal vez llevados por el mismo hombre neolítico, muerto también prisionero de las arcillas movedizas.

Simultáneamente a esta sedimentación, las fuentes termales estaban ya en actividad, pero entonces aparecían dentro de la turbera, como ocurre hoy en ciertas regiones de España con fuentes artesianas. (En la turbera de Padul, Granada, afloran fuentes artesianas que llaman «ojos»). Las concreciones de ópa-

lo menilito de Can Pol (ninots) demuestran que las fuentes termales estaban ya en actividad cuando se depositaron las arenas inferiores. La actividad continuó durante el depósito de las arcillas pues éstas tienen interestratificadas capas de calizas travertínicas muy compactas, que culminan en los depósitos de más de 5 m. del Puig de las Animas y de San Grau. Probablemente, las primeras emisiones fueron de tipo geiseriano y las últimas ya francamente hidrotermales.

Así pues, en líneas generales, la turbera quedó rellena con tres estratos de naturaleza distinta: 1.º Un lecho de arenas y conglomerados, 2.º Una capa de arcilla turbosa y 3.º Una capa superior de travertino que alterna en su base con las arcillas.

a) *Los conglomerados y arenas de la base*

Los sedimentos de la base de la laguna difieren realmente algo en sus características físicas, según el punto donde se les examine. Hacia el E. predominan los materiales de elementos gruesos y hacia el O. en cambio se hacen más finos pasando a verdaderas arenas. Este carácter tan diferente de unos y otros materiales y la transformación que por la influencia de las aguas termales han sufrido los conglomerados del E. de la cubeta, hizo que los primeros geólogos que pisaron el valle de Caldas de Malavella como Vidal y Font y Sagué, considerarán estas capas como un material eruptivo y a las arenas de Can Pol como un sedimento lacustre. No obstante un estudio estratigráfico meticoloso revela las evidentes relaciones que existen entre unos y otros.

Al NO. de la casa de Bassa (SO. carretera de Llagostera) aparece claramente el contacto normal de los conglomerados con el granito. La sucesión desde la vaguada del barranco hasta la cumbre del Puig de las Moleras, de abajo a arriba es la siguiente:

1. Arenas finas amarillentas, bien cementadas, con lechos interestratificados de limonita 5 m.

2. Arcosa fina muy desagregada con menos limonita. 2 m.
3. Arcosas granudas muy compactas blanquecinas, con restos de vegetales silicificados. 3 m.
4. Arcosas muy finas, grisáceas con biotita. 2 m.
5. Conglomerado arcósico con gruesos elementos brechoides de granito, aplitas, pórfidos, micacitas, y calizas paleozoicas 15 m.

Esta última capa es la que integra en casi su totalidad el Puig de las Moleras. No obstante, como los estratos, aunque no tienen una buena estratificación, se adivinan inclinados hacia el NO. y además la accidentación tectónica les hace tomar en ocasiones rumbos aberrantes, aparecen diferentes niveles de estos materiales según el punto del Puig de las Moleras en que se observan.

En las inmediaciones de Coll de Vehinat Alt y en general en todo el borde N. del Puig predominan los materiales granudos del nivel 3. En cambio en la vertiente S. y en la NO. en las canteras de la población de Caldas, abundan los materiales gruesos del nivel superior. En este último punto las arenas finas del nivel 4, aparecen interestratificadas, formando pequeñas y numerosas cuñas entre los materiales del nivel 5. Los cortes artificiales de las canteras son bien explícitos a este respecto.

El nivel grueso 5 del Puig de las Moleras está atravesado por dos sistemas de diaclasas que ya describiré. En cambio los niveles de la base, especialmente el nivel 1, no posee más que algunas diaclasas, de los mismos rumbos que el nivel 5, pero mucho menos numerosas. Este hecho se debe a la diferencia de plasticidad entre ambos elementos estratigráficos, pues mientras las arenas de la base son relativamente sueltas y tienen lechos de limonita que aumentan su plasticidad, los conglomerados del nivel 5, son enormemente rígidos, por estar sus elementos cementados con sílice de génesis hidrotermal. Esto lo transforma en una roca de una dureza y una compacidad extraordinaria dentro de su tipo.

El otro corte bueno de los sedimentos basales, está el SO. de

ja Riera de Caldas, en los cerros de Can Pol, La Terrera y can Furmica. Entre esta última casa y can Salou, se encuentra el contacto del material de base sobre el granito, pero es difícil de precisar a consecuencia de la disgregación del granito que permite ser confundido fácilmente con la arcosa. Subiendo desde can Salou, por el camino de Moreras a Caldas de Malavella aparecen de abajo a arriba los siguientes niveles:

1. Arenas amarillentas, con lechos de limonita interestratificados. 2 m.
2. Arenas amarillentas con lechos de limonita y delgadas hiladas de arcilla interestratificadas. 2 m.
3. Arcillas oscuras turbosas con restos de vegetales. 8 m.

En el cerro de can Pol, las arenas de la base no aparecen concordantes sobre el granito, sino que se ponen en contacto con él por medio de una fractura. No obstante la base no debe de estar muy profunda. De abajo a arriba es como sigue:

1. Arenas amarillentas con abundantes lechos de limonita interestratificados y bastantes elementos gruesos de granito y micacitas. 10 m.
2. Arenas amarillentas con limonita, y delgadas hiladas de arcillas. Sobre can Pol, tiene este nivel abundantes menilitos (Camp dels ninots) 2 m.
3. Arcillas oscuras turbosas. 8 m.

Las arenas amarillentas inferiores forman una ancha faja que limita por su base los cerros de can Pol y La Terrera. En la vaguada de la Riera de Caldas estos materiales están cubiertos por aportaciones recientes que enmascaran la composición del subsuelo.

El último afloramiento interesante está situado frente la estación de Caldas de Malavella, al lado de la vía del ferrocarril y a unos 2-3 m. de desnivel con respecto a ésta. Allí aparece un corte

de 2 m. de profundidad en total, en el que de abajo a arriba se distinguen muy bien los siguientes horizontes:

1. Conglomerado arcósico poco cementado con cantos de hasta 10 cm. de diámetro principalmente de granito y un 5 por 100 de pizarras metamórficas. 0,50 m.
2. Arcilla gris azulada muy micácea. 0,10 m.
3. Grava de elementos graníticos 0,30 m.
4. Arena granítica 1 m.
5. Suelo actual 0,20 m.

Todavía existen otros afloramientos de materiales basales en el territorio de Caldas de Malavella, pero están todos constituidos por conglomerados arcósicos cementados con sílice como los del Puig de las Moleras. En las calles E. de la villa, calle Pequeña, Plaza Pequeña, Calle y Plaza de los Pollos, hasta la calle Mayor y parte de la Plaza Consistorial, afloran claramente los conglomerados arcósicos análogos a los del Puig de las Moleras. Siguiendo el camino que sirve de continuación NE. a la calle Pequeña y que corta a la carretera de Llagostera, a pocos metros de las primeras casas del Vehinat d' en Martí, aparecen también arcillas en el terreno de cultivo de D. José Soler y en el cruce con la carretera de dicho camino en terreno propiedad de D. Benito Colomer, afloran las arcillas según ha descubierto una calicata reciente de 1 m. de profundidad. Aquí pues, las arcillas, se apoyan claramente sobre los conglomerados arcósicos.

Todos estos datos permiten llegar a conclusiones por lo que se refiere a la estratigrafía de conjunto de la cubeta plio-cuaternal de Caldas de Malavella.

Ya hemos visto que al E. del Puig de las Moleras, la serie detrítica que forma dicho cerro, se apoya normalmente sobre el granito. El material de la base es enormemente parecido, casi idéntico a las arenas de C. Pol. Los mismos elementos y con las mismas características, los mismos lechos de limonita interestratificados, la

misma ausencia de diaclasas en ambos depósitos. Únicamente que en el Puig de las Moleras estas capas tienen 5 m. escasos y en can Pol, el mismo nivel alcanza más de 10 m. Pero esto no es obstáculo para identificar ambos niveles, pues en un régimen lagunar con depósitos de acarreo, fácil es comprender que los sedimentos deben de tener variaciones laterales bien aparentes. Por otra parte al NE. de can Salou, donde las capas de arenas amarillentas con lechos de limonitas, son también normales sobre el granito, no tienen sino 2 m. de potencia. Estas arenas tienen pues su máximo espesor en can Pol, disminuyendo hacia el S. y hacia el SE. Así pues, los 12 m. de arenas de can Pol equivalen a los 27 m. de sedimento del Puig de las Moleras y a los 2 m. del camino de C. Salou.

#### b) *Las arcillas y los travertinos*

Al estrato basal de arenas y conglomerados arcósicos, se superpone siempre, como ya he indicado una capa de arcilla, gris-azulada, muy oscura con numerosos restos de vegetales carbonizados y abundantes fragmentos de huesos de vertebrados y restos de la industria neolítica.

Los primeros restos, fueron citados por Vidal, (24) consistentes en fragmentos de un cráneo humano y restos de molares y astas de *Cervus elaphus*, molares de *Bos taurus*, *Equus asinus*, *Equus sp.* y *Sus sp.*

En el cerro de San Grau, durante las excavaciones realizadas en la piscina romana, hoy descubierta, cita Font y Sagué (17) con los travertinos las especies siguientes: Fragmento incompleto de un cráneo humano; diversas mandíbulas y dientes de *Cervus elaphus*, pertenecientes a varios individuos de diversa talla; muchos fragmentos de asta; fragmento de mandíbula inferior de *Capreolus capreolus* Piezas dentarias y fragmentos de mandíbula de *Sus scropha*. Fragmento de mandíbula y varios molares de *Equus caballus* y varias piezas dentarias y cuernos *Bos taurus*.

En las obras efectuadas por D. José Soler en el manantial La

Mina fueron hallados diversos fragmentos de huesos que estudiados han dado las siguientes especies:

*Equus equus* L. (caball). Un fragmento de mandíbula y numerosos molares sueltos.

*Cervus elaphus* L. numerosos molares sueltos. (Ciervo).

*Bos taurus* L. (toro). Molares y un cuerno.

*Rhinoceros* sp. (rinoceronte) un molar.

En las inmediaciones del pozo de La Mina, todavía quedan numerosos fragmentos de caliza travertínica que fueron arrancados durante la perforación. En ellos se ven aun empastados por el cemento calizo numerosos restos de huesos, que forman en ocasiones verdaderas brechas huesosas. Esto hace pensar en el origen de estos travertinos a los que hasta ahora se ha atribuído siempre génesis hidrotermal, pues el hecho de tener empastados huesos de vertebrados se aviene mal con el depósito hidrotermal, y parece más de acuerdo con una génesis sedimentaria normal, ya que por otra parte estos materiales son muy frecuentes en todas las cuencas lacustres actuales y fósiles (Capellades y Bañolas). Además, estos depósitos no forman conos, como los dibujados por Font y Sagué (16) y Bataller (4-5) sino verdaderos estratos entre los que se intercalan lechos delgados de arcillas. En todo caso podría provenir el material de estos depósitos (Anhídrido carbónico y bicarbonato cálcico) de las fuentes termales aflorando en la turbera, pero una vez precipitado se depositaba alternando con las arcillas, de una manera completamente normal.

El espesor de las arcillas y aun de los travertinos, varía también considerablemente de unas zonas a otras de la cubeta. En el pozo de la Mina se cortaron solamente cuatro metros de arcillas y una capa de un metro de travertino. En los cerros de San Grau y Puig de las Animas, los depósitos travertínicos no llegan a 5 m., de manera que su potencia ha sido siempre exagerada.

En los cerros de can Pol las arcillas tienen una potencia difícil de evaluar con exactitud, pues están plegadas y no existe ningún corte natural que permita una medición concreta. No obstante es

# MAPA HIDROGEOLOGICO DE CALDAS DE MALAVELLA

POR

N. LLOPIS LLADO

1943

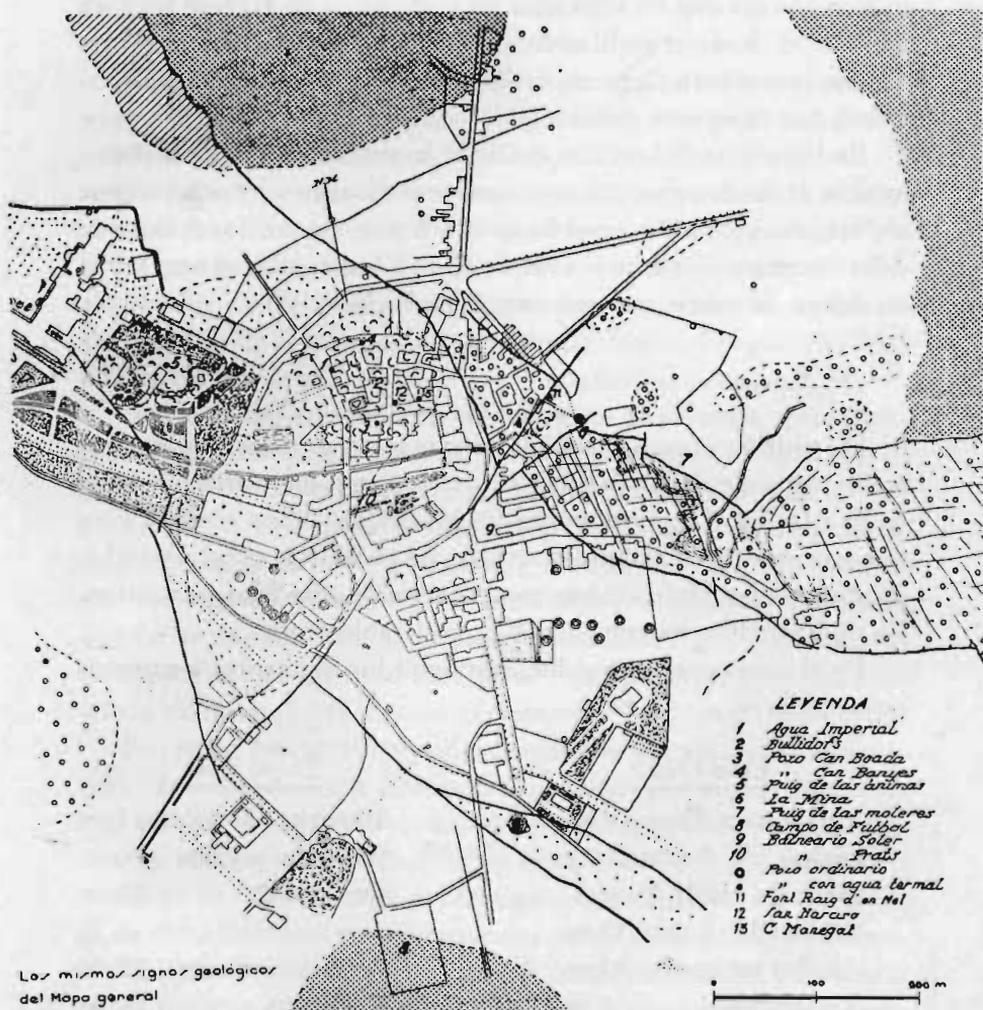


Fig. 4

evidente que Vidal, creyendo toda la serie sedimentaria de can Pol, con buzamiento suave hacia el SE., exageró la potencia de esta capa evaluándola en 15 m. Yo mismo en la primera parte de este trabajo le atribuía 20 m. llevado por la idea de Vidal, pero ahora me inclino a creer que no llega a los 10 m. El pozo de D. José Surroca situado al S. de la población, margen occidental de la Riera de Caldas, ha cortado 12 m. de arcilla que debe de ser la máxima potencia que tiene este material.

En los pozos de las casas del S. de la población, donde la distribución de los terrenos hace sospechar se encuentren también estas arcillas, se explota un nivel freático a 8-9 m. de profundidad que debe corresponder a las arenas de C. Pol. Las arcillas superpuestas no deben de sobrepasar pues aquí mucho los 6 m.

### c) *Resumen estratigráfico*

De todo lo expuesto se deduce que los materiales plio-cuaternarios del valle de Caldas de Malavella, sufren una variación fásica de E. a O. En el E. predominan los niveles detríticos gruesos y no se encuentran en cambio las arcillas. En el W. los conglomerados del Puig de las Moleras han pasado a arenas más finas y la potencia de las arcillas ha aumentado considerablemente.

En el conjunto se pueden distinguir los siguientes elementos estratigráficos:

<u>En el Oeste</u>	<u>En el Este</u>
Arenas amarillentas con hechos de limonitas y capas de arcilla interestratificada 12 m.	Arenas con limonitas 5 m.
Arcillas turbosas 10 m.	Serie de arcosas y conglomerados 22 m.
Travertinos 5 m.	Arcillas turbosas 22 m.
	Travertinos 1 m.

B) *Estructura tectónica del valle de Caldas*

Los datos estratigráficos que anteceden son del todo indispensables para poder comprender la compleja estructura tectónica del valle de Caldas de Malavella y su relación con las características y evolución de las fuentes termales que en ella emergen.

El valle de Caldas de Malavella forma parte de la extensa comarca natural denominada La Selva, tectónicamente zona hundida entre la Cordillera Costera Catalana, la Cordillera Prelitoral y la sierra de las Gavarras. Forma por consiguiente parte de la extensa zona de hundimiento que desde el campo de Tarragona sigue paralelamente a la costa catalana y que se ha denominado «Depresión Prelitoral Catalana» y de la cual forman parte, las comarcas del Campo de Tarragona, depresión de Vallés, Penedés, Vallés y finalmente La Selva.

Se trata por consiguiente de una zona de mínima resistencia, una dovela hundida y limitada por enormes líneas de falla que siguen sensiblemente la dirección general NE.-SO. Pero no es raro encontrar en esta zona de depresión otras fracturas dirigidas en dirección sensiblemente ortogonal a esta, es decir NO-SE que cortan transversalmente la región hundida, en bloques transversales que en ocasiones han actuado independientemente. Forma pues en conjunto esta estructura de fallas «en enrejado» muy característica de las regiones de tipo germánico del antepais alpídico.

Por estas fracturas han sido eyaculadas del interior de la corteza terrestre diversos productos. Los más aparatosos son enormes coladas basálticas y conos de cenizas que forman los volcanes. La vecina comarca de Olot es la zona donde estas erupciones recientes han llegado a su grado álgido. No obstante a todo lo largo de estas fracturas tanto principales como secundarias, se alinean, jalonándolas en ocasiones, cúpulas de basaltos, coladas y en mayor escala fuentes hidrotérmicas o a veces aun simplemente mineralizadas o ricas en anhídrido carbónico.

A) *La macrotectónica del valle de Caldas de Malaveilla y las emisiones volcánicas*

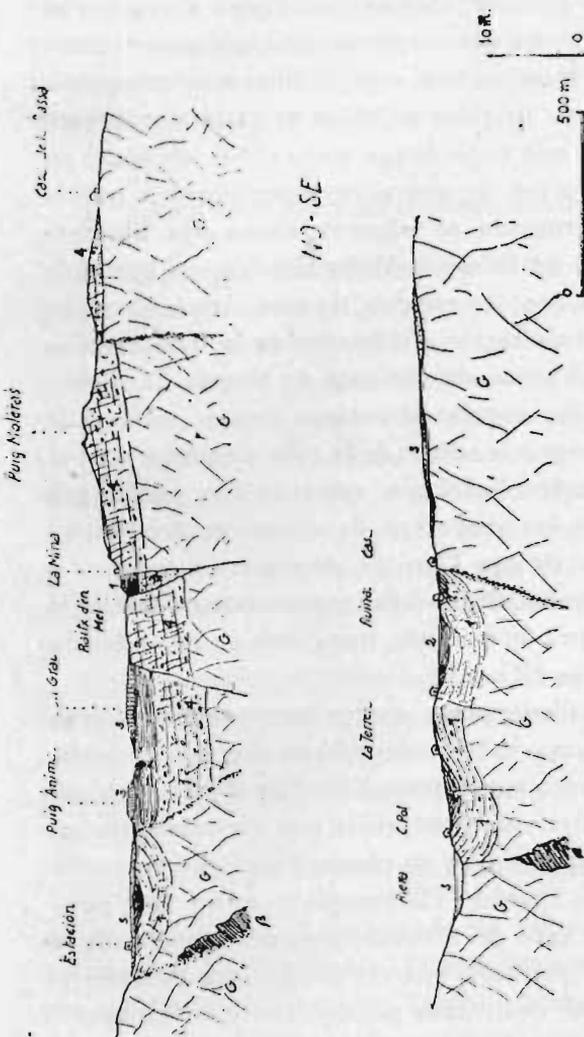
El valle de Caldas de Malaveilla, está situado precisamente entre dos fracturas transversales a la gran depresión, es decir NO.—SE. que son las que podemos denominar «fallas maestras» pues forman el esqueleto sobre que asientan todas las demás.

Estas dos fallas fundamentales serían difíciles de delimitar sobre el terreno si no vinieran jalonadas por erupciones basálticas, pues se abren en pleno granito y en estas condiciones todo intento de investigación es enormemente dificultoso. No obstante, como acabo de indicar, cada una de ellas viene indicada por una erupción volcánica.

La más meridional, está situada al SO. de la villa de Caldas y limita también por el SO. el gran llano que se extiende por la vaguada de la Riera de can Fesol, donde se asientan las masías de can Salou, Mas Riera, can Llop y can Ramón. Aproximadamente sigue en esta zona la vaguada del barranco de can Pla, haciendo destacar en el relieve los cerros de can Rigau y el cerro cota 112. Más al SE. corta el cerro de San Mauricio, donde emerge una erupción basáltica que forma la zona alta de este cerro. Es probable que pase por este punto una fractura de dirección NE-SO. pero en caso positivo estaría trazada en pleno granito y es de difícil delimitación.

La segunda fractura maestra es la más septentrional de las dos y está situada al NE. de la población rozando precisamente a ésta por la calle de Tras las Murallas, cuya dirección sigue con toda exactitud. Esta fractura que es fundamental para este estudio, merece ser descrita con todo detalle.

El extremo NO. visible está situado en la línea férrea, en las inmediaciones de la masía de Can Teixidor y viene denunciada en este punto por una emisión basáltica mucho más importante que la de San Mauricio, que probablemente ha emergido del NE. y se ha derramado hacia el SO. y SE. Bajo la misma casa d' en Teixidor,



*Cortes geológicos longitudinales del valle de Còldas de Malavella*

- G = Granito
  - A = Basalto
  - s = Suelo reciente
  - 1 = Arenas arcósicas
  - 2 = Arcillas turbosas
  - 3 = Travertino
  - 4 = Conglomerado arcósico
- Fallas

Fig. 5

en una antigua cantera hoy transformada en estanque, aflora la erupción integrada por basalto columnar con típica alteración en bolas. Los productos de esta alteración son principalmente óxidos de hierro y arcillas gris blanquecinas, estas últimas muy características. En el camino de can Teixidor a Caldas de Malavella, se corta también la erupción que se prolonga hacia el SE. teniendo en esta zona típicos productos de alteración especialmente arcillas gris-blanquecinas. La erupción se observa ahora con bastante claridad entre el ala NE. del Balneario Vichy Catalán y el barrio de la calle de Gerona. Los propios campos de este Balneario están formados por tierra de alteración del basalto en la que abundan las bolas y fragmentos diversos de esta roca sin alterar. En la misma calle Tras las Murallas esquina al antiguo camino vecinal de Caldas a Llagostera, frente a la salida de la calle Pequeña, y en el campo propiedad del señor Vallobera, aparecen aun arcillas gris blanquecinas análogas a los productos de alteración del basalto observados en el camino de can Teixidor, de manera que no cabe duda de su presencia a poca profundidad y por consiguiente da la situación exacta de la línea de fractura, que como ya he indicado se alinea sensiblemente de NO. a SE.

En la esquina de la calle Pequeña, parece interrumpirse la gran dislocación, pero continúa con toda claridad en el pozo La Mina, formando el borde abrupto septentrional del Puig de las Moleras, donde sufre diversas inflexiones producidas por «microdicrochements» que desplazan lateralmente su plano. En el propio cuello del Vehinat Alt, vuelve a aparecer claramente, pues no solo pone en contacto anormal la serie de arcosas ligeramente inclinada al SO. con el granito, sino que hasta aparece una brecha de elementos graníticos fuertemente cementada por una emisión de oligisto. En esta zona la falla ha tomado claramente la dirección O-E. y ya más al E. se pierde entre la masa granítica.

La zona situada entre estas dos fallas maestras se ha hundido transversalmente a la gran fosa tectónica de La Selva, formando una especie de foseta, larga y estrecha alineada como las fracturas.

de NO. a SE. que bien puede denominarse «fosa de Caldas de Malavella» en cuyo fondo se han acumulado los sedimentos cuaternarios descritos en la parte estratigráfica, de manera que no sería de extrañar que la turbera de Caldas de Malavella tuviera ya antecedentes tectónicos terciarios.

b) *La microtectónica y las emisiones hidrotermales.*

En el apartado anterior he descrito las dislocaciones maestras que cruzan el valle de Caldas cuyas consecuencias han sido las eyaculaciones basálticas. Pero así como la ancha fosa tectónica de La Selva no tiene un basamento uniforme y sólido, pues ya he dicho que está cruzado por fallas transversales como las que forman la «fosa de Caldas de Malavella» ésta tampoco está integrada por una sola pieza sino todo lo contrario, aparece hendida por una serie de dislocaciones, de mucha menor importancia es cierto, desde el punto de vista general, pero preciosas para nuestro objeto, pues son ellas precisamente las que han dado salida a las emisiones hidrotermales.

Estos pequeños accidentes que integran toda una interesantísima microtectónica, son perceptibles, gracias a la presencia de los sedimentos de la turbera cuaternaria, que por su escaso espesor acusan las más pequeñas desnivelaciones.

## 1. EL PUIG DE LAS MOLERAS Y SUS ALREDEDORES

Ya he indicado en el apartado de Estratigrafía la composición geognóstica del Puig de las Moleras, formado casi exclusivamente por conglomerado arcósico. También acabo de indicar que el borde septentrional abrupto de este Puig, que cae sobre las tierras de cultivo de don José Soler, es una de las fallas maestras de la «fosa de Caldas de Malavella».

El conglomerado arcósico está surcado por dos sistemas de diaclasas de rumbo. Uno sensiblemente de dirección NNO-SSE.

formado por haces de diaclasas muy apretadas, sensiblemente rectilíneas, cuyos planos se inclinan unos 70° al NE. Aun dentro de este sistema pueden hacerse dos tipos: unas grandes, macrodiaclasas de labios separados, algunas de las cuales han jugado como microfallas y otras han sido rellenadas con depósitos de ópalo y de baritina, y otras pequeñas, microdiaclasas apenas perceptibles en el conjunto, de labios muy apretados que dividen a la roca en una fina parrilla.

El segundo grupo de diaclasas de rumbo está formado por un sistema orientado casi O-E. muy pobre en individuos, de labios muy apretados, que se disponen, anchos y espaciados cruzando las diaclasas del primer sistema. Algunas están también rellenas de ópalos aunque con menos frecuencia que el sistema NNO-SSE.

Finalmente existe aun un tercer tipo de diaclasas, mejor leptoclasas, pequeñas e irregulares, localizadas especialmente en las inmediaciones de las fallas. Son sencillamente diaclasas que han acompañado a la rotura y desplazamiento de los estratos y que en ocasiones son utilísimas para poder localizar aquellas.

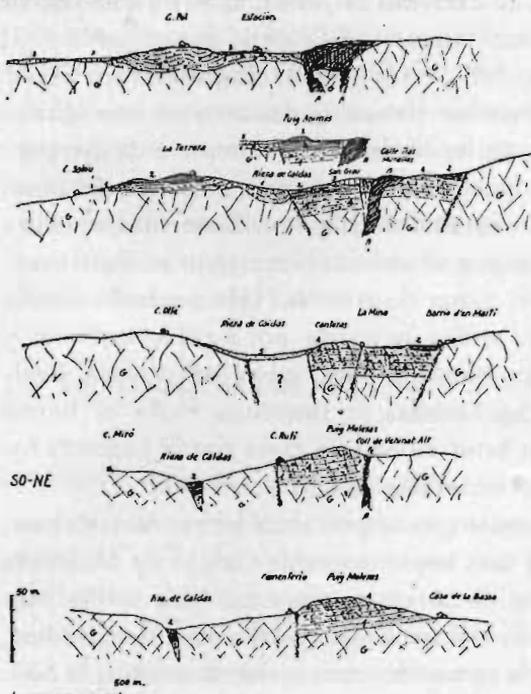
Esta es la estructura del núcleo de conglomerados arcóscos del Puig de las Moleras. Su límite septentrional ya he indicado que era la gran fractura por la que han salido los basaltos de can Teixidor y que pone en contacto en el coll del Vehinat Alt, las arcosas con el granito. Pero un poco más al E. en los terrenos de cultivo de don José Plá, el labio N. de la falla no está formado por granito, sino que una meticulosa inspección revela un zócalo de arcosa idéntica a la del Puig de las Moleras. Es evidente pues que entre esta zona y la cuerda de Vehinat Alt, existe una dislocación transversal a la general, pues las arcosas están muy hundidas y chocan con el granito de dicha cuerda. Esto implica la presencia de una falla tijera, cuyo labio hundido es el S. en coll de Vehinat Alt y el N. en el terreno del señor Plá.

Al S. del Puig de las Moleras, siguiendo el camino que desde Caldas de Malavella conduce por el can Rufi y el Cementerio, a la casa de la Bassa, se descubre otra dislocación sensiblemente para-

lela a la septentrional que pone en contacto las arcosas con el granito. La falla es muy clara entre can Rufi y el Cementerio. En este último punto aparece ya claramente el granito y algo mas arriba en la primera curva del camino aparece un plano y brecha de falla muy claros con la consiguiente emisión de oligisto. La fractura se pierde hacia el SE. en pleno granito a lo largo del camino de can Figueras a can Xiberta.

Según esto, en líneas generales, el Puig de las Moleras es una pequeña fosa satélite dentro de la general de Caldas de Malavella, pues se ha hundido dentro del granito que la circunda. El hecho

de que en la actualidad aparezca como un saliente en el relieve es un efecto de la erosión, que ha atacado más fácilmente al granito, dada su mayor plasticidad morfológica, haciendo destacar la mole de duros conglomerados arcósicos, cuyo cemento silíceo los preserva en gran parte de la erosión, determinando la inversión del relieve.



Cortes geológicos transversales al valle de Caldas de Malavella  
per N. Llopis Lladó.

- |                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| G = Granito            | 1 = Arenas arcósicas      |
| B = Basalto            | 2 = Arcilla turbosa       |
| s = Suela reciente     | 3 = Traverfino            |
| le = filón de oligisto | 4 = Conglomerado arcósico |

Fig. 6

## 2. LAS MICROFALLAS DEL NO. DEL PUIG DE LAS MOLERAS

Al NO. del Puig de las Moleras, y precisamente en el pozo del

manantial La Mina, desaparecen bruscamente los conglomerados arcósicos, siendo substituídos por una capa de más de un metro de caliza travertínica que aparece muy claramente en el pequeño solar donde se ha abierto la galería de desagüe de La Mina. Por otra parte ya el corte del pozo de La Mina, deja ver que estos travertinos chocan con la pared oriental del pozo excavada completamente en los conglomerados arcósicos. Existe aquí una pequeña dislocación de un salto mínimo de 8 m. que ha puesto en contacto los travertinos con las arcosas. Por el límite NO. de las arcosas, que llega hasta el extremo N. de la calle Rusiñol en su parte más ancha, he deducido que esta falla tiene dirección NE-SO.

Pero algo más hacia el NO., en la casa de don Salvador Segué y en la calle pequeña aparecen de nuevo las arcosas con iguales caracteres que en el Puig de las Moleras. La superficie de estas arcosas está situada a 6 m. por encima del fondo arcósico del pozo de la Mina, de manera que otra microfalla, sensiblemente paralela a la anterior debe de limitar por el oeste la pequeña mancha travertínica situada entre ambas zonas de arcosas. Una pequeña foseta de 35 m. en su parte más ancha, ocupada por arcillas turbosas y calizas travertínicas se ha hundido pues, entre las arcosas. Realmente es que el Puig de las Moleras se prolonga hasta el barrio NE. de Caldas, y ha sido hendido en esta zona por la pequeña foseta limitada por las dos microfallas descritas.

Esta minúscula fosa, tiene una importancia extraordinaria pues engendra los manantiales más importantes de Caldas de Malavella ya que por la intersección de la falla maestra del Puig de las Moleras y la microfalla SE. de la foseta, emerge el manantial La Mina, y por la intersección de la misma fractura maestra con la falla NO. de la foseta aparece el Raitx d' en Mel.

Hacia el O. continúa la serie de microfallas. Las arcosas son bien visibles hasta el extremo occidental de la calle Pequeña, esquina calle de la Libertad. 40 m. más hacia el O. en el extremo occidental de la calle Pla y Daniel, aparecen ya los travertinos que forman el Puig de San Grau un m. más bajos que las arcosas de la

calle Pequeña. Aceptando pues, que los travertinos de San Grau tengan 5 m. y las arcillas subyacentes un mínimo de 6 m., estamos ante otra microfalla de, lo menos, 11 m. de salto, que pone en contacto arcosas y travertinos y cuyo trazado se debe de hacer por la Plaza de San Goraldo en dirección NNO. o simplemente N-S.

Entre el cerro de San Grau y el Puig de las Animas no hay señales de dislocación alguna. Ambas masas travertínicas aparecen perfectamente niveladas, como partes de una misma unidad y entre ellas aparecen en sus bases respectivas las arcillas turbosas. No existe pues, repito, señal de dislocación alguna en esta zona.

Mas hacia el NO. del Balneario Vichy Catalán y aun entre este edificio y el Puig de las Animas un diagnóstico en este sentido es de delicadeza extrema, pues es totalmente imposible reconocer en superficie el material que constituye esta zona. No me atrevo pues, a situar aquí una dislocación que sería completamente hipotética, y que únicamente podría deducirse por medio de algunas calicatas (hasta un máximo de un m. bastarían) en diferentes lugares de los alrededores del Balneario.

### 3. LA ESTRUCTURA DE LOS CERROS DE LA TERRERA Y LA DISLOCACION DE LA RIERA DE CALDAS

Al O. de la Riera de Caldas de Malavella, la estructura parece menos compleja. Desde luego está menos dislocada, habiendo contribuído a ello sin duda el carácter más plástico de los materiales de la base del cuaternario, pues como ya he indicado en la parte estratigráfica, en esta zona, las arcosas del Puig de las Moleras, pasan a simples arenas amarillentas con lechos de limonita interestratificados.

Escasean más aquí las microfallas, pero abundan en cambio los pliegues. Es a este respecto muy instructiva la trinchera del ferrocarril al SO. de la estación, donde las arenas inferiores dibujan dos claros sinclinales separados por un anticlinal bajo la casa de can Pol. El borde NO. de estos materiales no es tampoco normal sobre

el granito, sino que se estrella contra él: es el borde de la falla NE-SO. que converge en can Teixidor con la general NO-SE. (Puig Moleres-Can Teixidor) por cuya intersección ha tenido lugar la eyaculación del magma básico.

El borde oriental de los materiales de can Pol está muy accidentado sobre la Riera de Caldas. El bosque y los cultivos impiden su clara observación, pero allí donde afloran las arenas amarillentas, descubren fuertes buzamientos. Al O. de la masía de Pol, buzán  $35^{\circ}$  al E.; al E. de de la misma casa, camino viejo a Caldas y entre el encinar y el campo, buzán  $40^{\circ}$  O. En la bifurcación de este camino con el que va a La Terrera vuelven a buzár  $45^{\circ}$  O. Mas al SE. aun cerca de la masía en ruinas camino de Caldas a Mareras  $30^{\circ}$  SE. y un poco más al SE. aun, se ponen casi verticales en las proximidades del granito de la Avenida de San Mauricio.

Esta estructura revela que los materiales cuaternarios que integran los cerros de can Pol y la Terrera, están empotrados entre dos labios de granito con los que se ponen en contacto por dos fallas de dirección NE-SO.; una que sigue sensiblemente la vía férrea y se pierde más allá de can Teixidor y otra que sigue aproximadamente la línea can Furmica—calle de Santa María. Entre estas dos fallas, el material de los cerros de La Terrera, de gran plasticidad, ha sido comprimido y plegado diversamente dando origen a la diversidad de buzamientos que se observan a lo largo del recorrido de estos cerros.

¿Qué relaciones existen, desde el punto de vista estructural, entre la disposición de estos materiales y sus vecinos del otro lado de la riera de Caldas? Al primer vistazo se hecha de ver que hay una marcada desnivelación altimétrica entre la base de las arcillas turbosas de can Pol y la parte alta de las mismas al pie del Puig de las Animas, pues mientras la base de las arcillas en La Terrera está situado a 115 m. sobre el nivel del mar, su límite superior en Vichy Catalán está a 94 m. según cotas del mapa nacional a 1:50.000. Si a esta desnivelación se suman los 6-8 m. de potencia que he asignado a estas arcillas se encuentra una desnivelación total de cerca

de 30 m., que debe corresponder al salto de una falla, orientada de NO. a SE. que se empieza a descubrir en las inmediaciones del campo de futbol y que flexionándose suavemente al lado del balneario Vichy Catalán, se reúne bajo can Teixidor con las otras dos fracturas que convergen en este punto. Esta falla viene confirmada, no solo por la desnivelación mencionada entre las arcillas de can Pol y de Vichy Catalán, sino además, por la aparición en la vaguada de la Riera de Caldas al S. de C. Rufí, de las mismas arcillas turbosas, muy hundidas en relación con el granito circundante y muy próximo. El pozo de don Pedro Surroca situado en las inmediaciones ha cortado 12 m. de arcilla turbosa, según dice su propietario.

c) *Resumen estructural*

Según los datos anteriormente expuestos, en el valle de Caldas de Malavella y sus inmediaciones existen dos líneas fundamentales de fractura orientadas de NO. a SE. 1.º las dislocaciones Puig Moleras-can Teixidor y 2.ª La falla San Mauricio-cerro de can Rigau.

La primera línea de fractura es un complejo de macro y microfallas a consecuencia de que en su extremo SE. emite apófisis que dan el complejo del Puig de las Moleras. Tres microfracturas, cortan transversalmente la línea de dislocación, que de SE. a NE., pueden denominarse: falla de la Mina, falla del Raitx d' en Mel y falla de San Grau. Al SO. de la línea de dislocación se alinea paralelamente a ella una dislocación satélite, pero no por esto menos importante: la falla de la Riera de Caldas (campo de futbol-can Teixidor).

Además de este sistema de conjunto en dirección NO.-SE. hay también otras fracturas NE.-SO., que cortan a las primeras. Las más importantes son, de NO. a SO. falla de la línea del ferrocarril, falla can Fumica-calle de Santa María y la falla que limita por el SE. la cubeta de Caldas. Este segundo sistema de fracturas tiene

probablemente mucha mayor extensión, pero su trazado dentro del granito hace muy difícil su observación.

d) *Edad de los accidentes tectónicos.*

La red de fallas que acabamos de describir y que de tal manera complica la estructura del valle de Caldas es relativamente moderna y se ha motivado en épocas muy recientes, tanto que continúa moviéndose todavía durante los sismos, con las consiguientes perturbaciones en la circulación profunda.

Las primeras fracturas son evidentemente anteriores a los depósitos de arcosas pliocenas y están ligadas al desarrollo tectónico general de La Selva, cuyas dislocaciones son de edad pontiense y pliocénica inferior, es decir de fases estática y rodánica (19) (22); por estas fracturas fueron eyaculadas las coladas y pitones basálticos de Caldas y San Mauricio, cuyos cantos nutrieron los elementos detríticos de las arcosas del Puig de las Moleras, evidentemente posteriores a estas erupciones.

Pero los movimientos tectónicos continuaron después del depósito plio-cuaternario, como lo acreditan las fallas que cortan estos sedimentos y por las cuales emergieron las fuentes termales. Estos microaccidentes han de ser forzosamente waláquicos y aun probablemente post-waláquicos es decir layetánicos (19 bis), puesto que los travertinos del Turó de les Animes contienen industria neolítica.

C) *Relaciones de la estructura del valle de Caldas de Malavella con las fuentes termales*

La compleja descripción estratigráfica y estructural que antecede, es del todo indispensable para poder llegar a las conclusiones hidrológicas, tema y objeto principal de la presente memoria. Ahora, conocidos ya estos datos fundamentales se puedan abordar con más probabilidades de éxito estas cuestiones.

Ya he indicado al comenzar la parte tectónica, que se distinguían dos tipos de accidentes tectónicos. Unos, accidentes maestros, eran fallas de gran salto que surcaban el granito, otros, accidentes accesorios eran microfallas que interesaban principalmente y se hacían ostensibles, en la delgada cobertura cuaternaria. Ambos fenómenos guardan estrecha relación con las emisiones endógenas, pues a través de los primeros han sido eyaculados los basaltos y por los segundos emergen las fuentes termales. La macrotectónica engendra pues el vulcanismo mientras la microtectónica desarrolla la emisión hidrotermal.

a) *Las fuentes termales.*

Las fuentes termales de Caldas de Malavella están situadas todas en la parte septentrional de la población y las inmediaciones de la fractura maestra NO.-SE. que ha dado salida a los basaltos de Can Teixidor. Para mejor estudiar se pueden hacer con ellas tres grupos: 1.º Grupo del Puig de las Moleras; 2.º Grupo de San Grau y 3.º Grupo de Puig de las Animas. Voy pues a estudiar a continuación las características geológicas particulares de cada una de ellas.

#### 1. GRUPO DEL PUIG DE LAS MOLERAS

Este grupo comprende dos manantiales que son los más interesantes desde todos los puntos de vista. El manantial denominado La Mina y el llamado Font del Raitx d' en Mel.

El manantial La Mina, constituye la fuente termal más importante de Caldas de Malavella, en la actualidad, especialmente después de las obras realizadas con objeto de aumentar su caudal y mejorar sus condiciones sanitarias. Esta fuente aflora en la intersección de la falla general Puig Moleras-can Teixidor, con una microfalla de 8 m. de salto transversal a aquella, es decir NE.-SO. En el mismo punto de convergencia está perforado el pozo que ac-



tualmente constituye el manantial. Esta captación tiene 9 m. de profundidad a partir de la superficie del suelo y 5 m. a partir del primitivo punto de emergencia.

El caudal, según aforo reciente es de 172,08 l./minuto y la temperatura tomada en el mismo punto de emergencia es de 60°C.

Esta fuente debe evidentemente su emergencia a la presencia de la microfalla transversal, que ha facilitado la salida del agua. Antes de las obras, ésta se dispersaba por la caliza travertínica perdiéndose en parte, pero ahora se ha unificado dando el copioso caudal actual.

El agua asciende por la microfalla hendida en las arcosas totalmente impermeables. Antes de las obras seguía el contacto de las arcosas con las arcillas, también impermeables y se dispersaba al llegar a la caliza travertínica.

La fuente del Raitx d' en Mel, aparece a 40 m. escasos del pozo de La Mina, estando completamente urbanizada de manera que hoy es completamente imposible observar su punto de emergencia. Según observaciones recientes su caudal es de 13,08 l./minuto y su temperatura de 58° C. La emergencia de esta fuente se hace también sobre la falla maestra Puig Moleras-can Teixidor en su intersección con otra microfalla casi paralela a la de La Mina que pone en contacto las arcosas de la calle Pequeña con los travertinos del Lavadero, que como ya he dicho forman una pequeña dovela hundida entre las dos zonas de arcosas. El agua debe de ascender también entre las arcosas impermeables y las ancillas impermeables también, dispersándose como siempre al llegar a los travertinos. Esta fuente tiene pues, también, como La Mina una microfalla propia, por la cual emerge.

## 2. GRUPO DE SAN GRAU

Este grupo, comprende una serie de fuentes y de pozos, que emergen todos en la masa de travertino que constituye el cerro de San Grau. Estos manantiales son los siguientes: Els Bullidors, Raitx

de San Grau o Roquetas, Hospital, Font d' en Pla, San Narciso, Fuente de can Manegat, Pozo de can Boada y Pozo de can Banyes.

Las características físicas de las aguas que emergen por estos manantiales son muy diversas especialmente por lo que se refiere a su temperatura, que oscila entre los 58° C. en Els Bullidors máxima de las fuentes de San Grau, hasta solo 19° en el pozo de can Boada, pasando por las de 56° en Raitx de San Grau, 35° C. en fuente del Hospital y 22° C. Pozo de can Banyes. Por lo demás estos datos no son rigurosamente exactos, pues los diferentes autores que indican sus temperaturas no coinciden generalmente. Lo que es realmente cierto es que existe una gran diversidad de temperaturas en las aguas de San Grau, diversidad solo atribuible a una mezcla de las aguas termales con las superficiales tal como he demostrado en la primera parte de este trabajo.

Los caudales son también muy diversos. El conjunto de los manantiales públicos da en total 84,21 l./minuto, al que hay que añadir el caudal de los pozos de can Banyes y can Boada y el de la fuente Manegat que no están aforados. También en cuanto a estos caudales he observado que existen discrepancias, pues el doctor D. Ramón Codina en su Memoria-Análisis sobre la fuente Els Bullidors, atribuye a ésta un caudal de 1.300 l./hora es decir 21,44 l./minuto lo que no está de acuerdo con los aforos recientes que dan para este manantial 13,08 l./minuto.

Un problema de capital importancia para el porvenir, es el punto de emergencia de las fuentes de San Grau y sus relaciones mutuas, pues la edificación impide una observación clara de los terrenos y la localización de la fractura es dificultosa. No obstante por las razones que he dado en la parte estructural, creo que las arcosas de la Plaza Pequeña y los travertinos del cerro de San Grau están separados por una microfalla transversal también a la falla maestra general Puig-Moleras-can Teixidor, a la cual hago responsable de la aparición de las fuentes. Según esto el punto de emergencia de estas fuentes está situado entre el extremo occidental de la calle Pequeña y la Plaza Cruilles a una profundidad de 12 a 15

metros. En este punto debe de aflorar un piso de arcosas análogo al del pozo de La Mina, pues las condiciones estructurales son muy semejantes.

De lo que no cabe la menor duda es del origen común de todos los manantiales de San Grau, de decir que todos ellos aparecen en la zona que acabo de indicar y al llegar a la masa de travertinos que aquí tiene lo menos 5 m. de potencia, se dispersan en ella dando lugar a la diversidad de manantiales y multiplicidad de sus características físicas, según la cantidad de agua superficial con que se mezclen. No cabe tampoco la menor duda que las aguas minerales de las fuentes del cerro de San Grau, no pueden emerger por ninguna otra fractura, grieta o diaclasa que pudiera estar situada bajo el cerro, pues los 6 u 8 m. de arcillas turbosas impermeables que soportan los travertinos se oponen a todo intento de emergencia. Repito pues que la aparición de estos manantiales debe de efectuarse en el lugar antes indicado, y precisamente en el contacto de las arcosas con los travertinos.

### 3. GRUPO DEL PUIG DE LAS ANIMAS

El tercer grupo de fuentes está localizado en el Puig de las Animas, cerro integrado por una masa de travertinos de una potencia mínima de 5 m. En él aparecen las fuentes llamadas de los Surtidores, Font Chica n.º 2, Cantera n.º 3 y fuente del Hígado.

Según los datos de Vidal las temperaturas de las tres primeras son respectivamente de 59º C., 59º C. y 31,5º C. La fuente del Hígado, según medición reciente tiene 48,3º C. Tampoco aquí hay concordancia de temperaturas, pues las mediciones recientes dan para todas las fuentes del Puig de las Animas 58º C. menos la del Hígado que como he indicado tiene 48,3º C. Estas diferencias a mi juicio, deben ser atribuidas más bien a errores de medición que a variaciones de la temperatura de los manantiales.

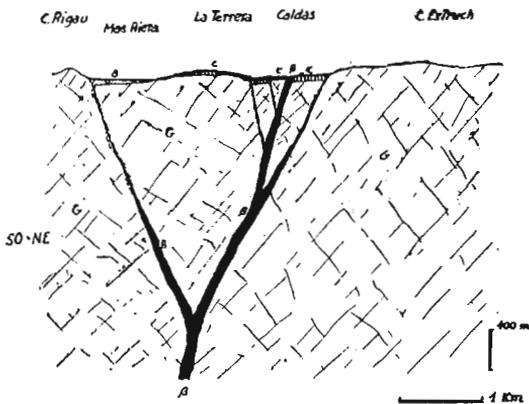
Con los caudales, pasan anomalías análogas. Los aforos recientes suman para la totalidad de las fuentes del Puig de las Animas

32,35 l./ minuto mientras que el aforo publicado por Vidal acusa nada menos que 187,73 l./ minuto para la totalidad, de los cuales corresponden 175 l./ minuto a los Surtidores que en la actualidad solo dan 23,23 l./ minuto. En cuanto a este punto no me atrevo a insinuar que haya error en las mediciones, pues si las fuentes termominerales suelen conservar siempre sus temperaturas, no ocurre lo propio con sus caudales susceptibles de múltiples modificaciones. Más bien me inclino a creer lo último.

En cuanto al punto de emergencia de estos manantiales es de mucha más difícil precisión que en los del Puig de San Grau. Como allí no cabe duda que todos tienen un origen común, es decir que manan todos de la misma grieta, pero el problema difícil es conocer el punto donde se halla situada. Desde luego el Puig de las Animas tiene las fuentes más alejadas de la falla principal Puig Moleras-can Teixidor, de todas las que emergen en Caldas de Malavella. La Mina está sobre esta falla; San Grau a unos 40 m. de la misma y Puig de las Animas a más de 160 m. En estas condiciones y estando ocupado el espacio que media entre los travertinos del Puig de las Animas y la falla, por arcillas turbosas impermeables, no puedo suponer de ninguna manera que las aguas de estos manantiales procedan de la falla general Puig Moleras-can Teixidor. En cambio su posición está más próxima a la falla de la Riera de Caldas que como he indicado se extiende desde el NE. del campo de fútbol hasta can Teixidor, por lo que me inclino a admitir que las aguas de estos manantiales vienen del O. emergiendo de dicha falla. También podría ocurrir que entre los travertinos del Puig de las Animas y los terrenos del balneario Vichy Catalán, cuya naturaleza ignoro por estar cubiertos por suelos recientes, hubiera una microfalla transversal semejante a las anteriores descritas, pues como se ha visto cada grupo de fuentes tiene la suya. En esto pues, no puedo decidirme de una manera definitiva, pero considero más probable repito que las aguas vengan aquí, del O.

## b) Estudio comparativo y circulación subterránea.

Cuando se comparan las características geológicas de las diferentes fuentes termales de Caldas de Malavella, se hechan enseguida de ver, las estrechas analogías genéticas que guardan. El hecho más conocido y de mayor interés práctico es el de existir una presión determinada que mantiene a todas las fuentes en su punto de emergencia, de manera que cualquier modificación artificial que se realice en dichos manantiales hace bajar el nivel de los demás. Esto ocurrió en 1941, con el manantial de Vichy Catalán, cuyo nivel fué rebajado en



Corte geológico de profundidad del valle de Caldas de Malavella.

por N Llopis Lladó

- G = granito
- c = Cuaternario
- a = Aluviones recientes
- $\beta$  = Basalto
- /// = Aguas termales

Fig. 8

0,40 m., redundando en perjuicio de los demás. Igualmente en las obras realizadas en el manantial La Mina al dejar al descubierto las arcosas a 4 m. más abajo del nivel normal, quedaron en seco los restantes manantiales siendo preciso construir una arqueta de captado que mantuviera las aguas al nivel antiguo, con lo que reapareció el caudal ordinario en las demás fuentes.

Esto indica claramente, que todas las fuentes, emergen de una fractura maestra, que indudablemente es la falla general Puig Moleras-can Teixidor, por la que ha sido expulsado el basalto de can Teixidor, que como ya he indicado llega por lo menos hasta el extremo SE. de la calle Tras Murallas. Es indudable que este dique

de basalto ha facilitado las salidas de las aguas termales actuando de zona impermeable, pues ocupa el plano de falla que buza unos 75-80° al SO. El agua termal ha ascendido por la brecha de falla, entre una pared granítica al SO. y otra basáltica al NE. Pero entre 120 y 150 m. de la superficie se cortan la falla general y la falla de la Riera de Caldas, de manera que en este punto el agua termal se divide en dos partes, emergiendo también por la falla de la Riera de Caldas y dando así probablemente, los caudales del Puig de las Animas. Mas arriba aun, aproximadamente a los 20 m. de la superficie aparece la unión de la misma falla general Puig Moleras-can Teixidor con la microfalla del Ratx d' en Mel y con la del Puig de San Grau, dispersándose también por ellas y dando los respectivos manantiales. No obstante, a mi juicio, el mayor caudal, continúa por la falla general aflorando en parte en el pozo de La Mina, pues es por aquí por donde continúa el dique de basalto que debe de detener la mayor cantidad de agua.

Los manantiales de La Mina y Ratx d' en Mel, tienen pues condiciones óptimas de emergencia, ya que se encuentran situados sobre la falla maestra. Precisamente hay que observar en favor de esto que son las que tienen mayor temperatura y caudal de todas las de Caldas.

Los manantiales de San Grau, no reúnen ya condiciones tan favorables. Se hallan a unos 40 m. de la fractura general y forman parte de un caudal único que se dispersa superficialmente, al llegar a la masa de travertino. Sus caudales y temperaturas son ya en algunos casos muy inferiores a las del Grupo de La Mina. Recordemos que el pozo de can Banyas tiene 19°, el de can Boada 22° C.

En cuanto a los manantiales de Vichy Catalán, están en condiciones pésimas por lo que respecta a su posición con relación a la falla general. Ya he indicado mi opinión, de que las fuentes del Puig de las Animas no tienen relación directa con la falla maestra Puig Moleras-can Teixidor, pues están alejadas de ella más de 160 metros y este espacio está ocupado por arcillas impermeables. Pa-

rece pues más probable que emerjan por la falla de la Riera de Caldas.

Por lo demás el Puig de las Moleras, ha sido ya en todo tiempo, la zona donde los fenómenos de vulcanismo atenuado han tenido su máxima intensidad según lo ponen de manifiesto los numerosos filones de ópalo y baritina, que rellenan los dos sistemas

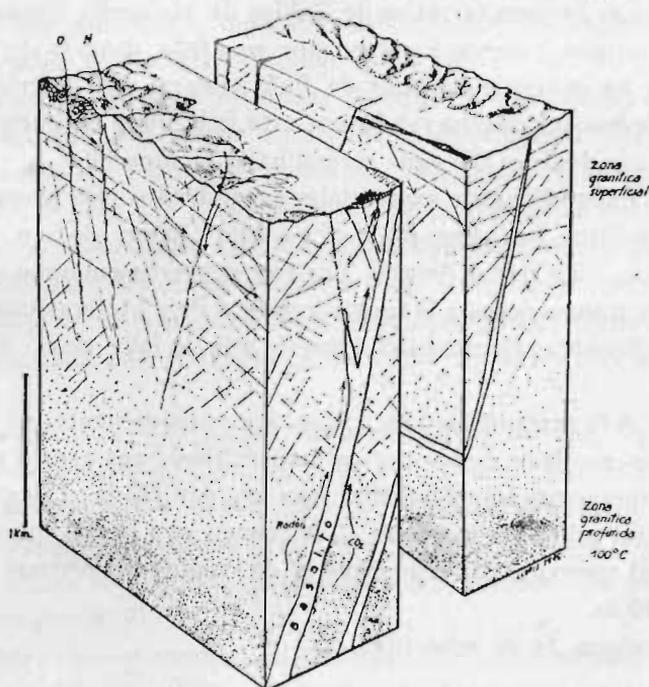


Fig. 9.—Circulación profunda y superficial en el valle de Caldas y origen de los elementos minerales disueltos en el agua.

de diaclasas que cruzan las arcosas de dicho cerro. Son especialmente numerosos los de dirección NO-SE. y están especialmente localizados al N. de can Rufi. El Puig de las Moleras es la zona que presenta la máxima dislocación y por lo tanto no es de extrañar que siempre se hayan localizado allí las zonas de emisión de los productos de vulcanismo atenuado, que empezaron seguramente

con fenómenos fumarolianos que depositaron oligisto y baritina, siguieron los geiserianos depositando sílice y terminaron con los hidrotermales actuales que depositan las calizas.

### CONCLUSIONES HIDROLOGICAS

1.<sup>a</sup> Las fuentes termales de Caldas de Malavella, tienen todas ellas un origen común. Emergen por una falla dirigida de NO. a SE. que he denominado falla de Puig Moleras-can Teixidor. Un dique de basalto que ha salido por esta falla, sirve de zona impermeable conductora del agua termal hasta la superficie.

2.<sup>a</sup> Existen cuatro manantiales engendrados por otras tantas fallas satélites: La Mina, Ratx d' en Mel, Grupo de San Grau y Grupo del Puig de las Animas. Los tres primeros emergen por microfallas transversales a la fractura general Puig Moleras-can Teixidor. El último aparece probablemente por la falla de la Riera de Caldas.

3.<sup>a</sup> A la profundidad de 150 m. aproximadamente, se reúnen todos los caudales de los cuatro manantiales, pues a esta profundidad convergen las microfallas que les dan salida. Los caudales de los tres primeros manantiales se reúnen ya a los 30 m. de profundidad aproximadamente. Solo el de Puig de las Animas lo hace a los 150 m.

Barcelona, 14 de julio 1943.

### RÉSUMÉ

Les eaux thermo-minérales de Caldas de Malavella (prov. de Gerona) émergent dans une formation sédimentaire pliocène et quaternaire que s'appuie sur le granite du bassin tectonique de La Selva, placé entre les «horst» des chaînes pré-littorale et littorale catalanes.

Ces sédiments sont formés par des conglomérats arkosiques à la base, argiles obscures avec nombreux restes de mammifères

quaternaires et tourbe, et travertins contenant des restes néolithiques, coronant la formation, d'une puissance totale de 35 m. Il a des changements latéraux des faciès: vers l'E. la série détritico-basale est plus puissante, jusqu'à 22 m.; vers l'W. elle n'arrive à atteindre que 12 m. À côté même de la ville de Caldas, au «Puig de les Moleres», les conglomérats arkosiques sont fortement silicifiés par des anciennes émissions hydrothermales et géothermiques avec dépôts, en filonnets, d'opale et barytine.

Ces sédiments sont fortement disloqués par des failles de différentes échelles, fortement enracinées dans le granite. Parmi les plus importantes ont monté des émissions de basaltes en époque antérieure aux dépôts des conglomérats arkosiques car ils contiennent des cailloux de basalte. Les directions dominantes sont les NW-SE et NE-SW, directions normales dans la chaîne cotière catalane. Les failles ont joué pendant le pliocène supérieur et même pendant le quaternaire ce qui a permis l'émission des eaux thermo-minérales.

Ces eaux, très proches aux tous points de vue, à celles du Vichy, dans le Massif Central Français, affleurent par les failles satellites qui traversent les sédiments plio-quaternaires et en arrivant à la couche des travertins donnent lieu à beaucoup de sources de températures et de degrés de minéralisation différents. Les plus chaudes émergent à 60 C.

L'émission et conduction, des eaux thermo-minérales dans les parties profondes (à 150 m. environ) est conditionnée par la présence d'un dyke de basalte que, par sa imperméabilité favorise la sortie à la surface.

#### SUMMARY

The thermal-mineral waters of Caldas de Malavella in the province of Gerona surface in a quaternary pliocene sedimentary formation, which rests on the granite bed of the 'La Selva' tectonic

basin, situated among the 'horsts' of the mountain ranges that run parallel to the Catalan coast.

These sediments consist of a basic arkose conglomerate overlaid by dark clays containing numerous quaternary mammiferous and vegetable remains, and travertines containing neolithic remains, the whole reaching a total depth of 35 metres. There are lateral variations in the formation: to the East, the basic detrital deposit is more marked, being some 22 metres deep, while on the West it is only 12 metres. Near the town of Caldas, at Puig de les Molerres, the arkose conglomerates are strongly silicified by former hydro-thermal and geyser emissions with small seams containing opals and barytes.

The deposits have been broken up by faults of varying importance which reach well down into the granite. Through the largest of these faults there have been eruptions of basalt, which occurred prior to the formation of the arkose conglomerates since these contain basalt pebbles. The predominant directions of the faults are NW-SE and NE-SW, the normal directions for the coastal ranges of Catalonia.

The faulting responsible for the thermo-mineral springs must have taken place in the superior pliocene and even the quaternary eras. These waters, which are very similar to the waters at Vichy in the French Massif Central, flow along the subsidiary faults that cross the plio-quaternary deposits until on reaching the travertine strata they disperse, forming numerous springs of varying temperatures and mineral content. The temperature at the surface of the warmest of these springs is 60 degrees centigrade.

The course and emergence of these thermo-mineral waters, which rise from a depth of approximately 150 metres, is conditioned by the presence of an impermeable basalt dyke, which forces them to the surface.

## BIBLIOGRAFIA

1. *Almera (J.)* «Descripción de los terrenos pliocénicos de la cuenca del Bajo Lobregat y Llano de Barcelona. Pliocénico de la provincia de Gerona, según las notas de los señores don Luis M. Vidal y don Manuel de Chia». Bol. R. Academia de Cienc. y Art. de Barcelona, 3.<sup>a</sup> época, Vol. I. T. III, Barcelona 1894-1907.
2. *Ashauer (H.) und Feichmüller (R.)* «Die variscische und alpidische Gebirgsbildung Kataloniens». Beitr. z. Geol. d. west. Medit., n. 17 Abh. d. Ges. de Wiss. z. Gott. Math. Phys. Kl., III Folge, H. 16-18 págs., 7 lám., 48 fig. Berlín 1935.
3. *Bataller (J. R.)* «Assaig bibliogràfic de la geologia de Girona». But. Inst. Cat. Hist. Nat., T. XXIII, pp. 36-35. Barcelona 1923. (Catálogo de 250 fichas, hasta 1922, por orden alfabético de autores).
4. *Bataller (J. R.)* «Condiciones geológicas de las aguas minerales de Cataluña». Lab. de Geol. del Sem. de Barcelona, publ. n. 8, 90 pág., 11 fig., 4 map. 6 fot. Barcelona 1933.
5. *Bataller (J. R.)* «Les eaux thérmo-minérales de la Catalogne». Rap. prés. au XVI e. Cong. Int. d'Hydr., de Clima. et de Géol. Méd. de Toulouse, 19 pág. Saint-Amand (Cher), 1933.
6. *Bataller (J. R.)* «Estudio geológico sobre las aguas minerales de Cataluña». Ibérica n. 1.006, pág. 8, n. 1.008, pág. 40, n. 1.009, pág. 56, n. 1.015, pág. 152. Barcelona 1934.
7. *Bauza (F.)* «Breve reseña geológica de la provincia de Gerona». Bol. Com. Map. Geol. de España, T. I. pp. 169-175. Madrid 1874.
8. *Calderón (S.), Cazorro (M.) y Fernández Navarro (L.)* «Memoria sobre las formaciones volcánicas de la provincia de Gerona». Mem. R. Soc. Esp. Hist. Natural, T. IV. Mem. n. 5 pp. 159-491, 10 lám., 13 map. 73 fig., Madrid 1906.
9. *Calderón (S.)* «Los minerales de España». Publ. Jun. Ampl. Est. e Investigaciones Cientif., 2 tomos, I. 1910, II. 1916. Madrid.
10. *Carreras Candi (F.)* «Geografía General de Catalunya. Prov. de Girona», por J. Boter Sisó. Edit. Martín. Barcelona. (Sin fecha).

11. Casares (J.) y Busquets (J.) «Investigación de la litina en varias aguas minerales». Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., T. XI, pp. 119. Madrid 1911.
12. Cazorro (M.) «El Cuaternario y las estaciones de la época paleolítica en Cataluña». Mem. R. Acad. de Cienc. y Art. de Barcelona, T. XV (3), n. 3 pp. 103-166. 3 fig., 14 lám. Barcelona 1919.
13. Chía (M.) «Nuevos hallazgos en Caldas y Serinyá. Revista de Gerona. Gerona 1879.
14. Chía (M.) «Estación prehistórica de Caldas de Malavella». Revista de Cienc. Hist. de Barcelona, t. II, pp. 520-526, 3 grab. Barcelona 1891.
15. Font y Sagne (N.) «Origen Geológico de los manantiales termominerales de Caldas de Malavella (prov. de Gerona). Bol. R. Soc. Esp. Hist.», T. III, pp. 411-417. Madrid 1903.
16. Font y Sagne (N.) «Caldas de Malavella y su manantial «Els Bullidors». Folleto de 25 pp., 10 grab. Barcelona 1904.
17. Font y Sagne (N.), Codina Langlin (R.), Novellas (F.), Presas (J.) «Agua Xalá del manantial «Els Bullidors» de Caldas de Malavella (Gerona), antes denominada Vichy Caldense, propiedad de Pablo Estapé y Maristany; declarada minero-medicinal y autorizada por Real Orden de 30 de junio de 1902. Memoria Científico-Histórica, Análisis químico, cualitativo y cuantitativo y Estudio terapéutico. 96 pp. 3 fig., 6 lám. Tipogr. Modesto Berdós, Barcelona 1904.
18. Géologie de la Méditerranée Occidentale, IV partie. Région volcanique. Barcelona 1931.
19. Llopis Lladó (N.) «Contribución al conocimiento de la morfoestructura de los Catalánides. 1 vol. 372 págs. 40 figs. 23 láms. Barcelona 1947.
- 19 bis. Llopis Lladó (N.) «Los movimientos corticales intracuaternarios del NE. de España. Est. Geol. n. 3, págs. 181-232, 15 figs., 7 láms. Madrid 1945.
20. Maestre (A.) «Descripción geológica-minera del distrito de Aragón y Cataluña. Anales de Minas, vol. III, pp. 193-278. Madrid 1845. Bull. Soc. Geol. Fr. 2 ser. T. II, pp. 624, París 1845.
21. Mallada (L.) «Explicación del Mapa Geológico de España». Mem. Comp. Map. Geol. Esp. T. 1-6 Madrid, 1895-1911. Tomo I, reimpresso en 1927.
22. «Memoria explicativa de la Hoja n. 334, GERONA», del Mapa geológico de España 1: 50.000, 140 págs., 19 figs., 13 lámns. Madrid 1949.
23. San Miguel (M.) y Marcel (J.) «Región volcánica gerundense». Guía excursión XIV Congr. Geol. Intern. E-C 4, Madrid 1926.
24. Vidal (L. M.) «Estudio geológico de la estación termal de Caldas de Malavella (Gerona)». Bol. Com. Map. Geol. Esp. T. IX, págs. 65-91, 5 figs., 1 láminas. Madrid 1882.
25. Vidal L. (M.) «Reseña geológica y minera de la provincia de Gerona». Bol. Com. Map. Geol. Es p. T. XII, págs. 209-380, 25 figs.. 1 map. 1886.