

*Quaderns de
la Selva, 11
1999*

CENTRE D'ESTUDIS
SELVATANS

*Un edifici
volcànic inèdit a
Caldes de Malavella
(la Selva, Girona):
El volcà del Camp
dels Ninots*

MONTSE VEHÍ
ALBERT PUJADAS
CARLES ROQUÉ
LLUÍS PALLÍ

Àrea de Geodinàmica.
Dept. Ciències Ambientals.
Universitat de Girona
Campus Montilivi, s/n. 17071 Girona.
cageo@fc.udg.es

LES surgències termals de Caldes de Malavella són, sens dubte, un dels trets més peculiars d'aquest poble. La seva utilització ve de lluny: els romans van construir-hi unes importants termes, encara ara prou ben conservades, de les quals deriva el topònim de la vila. Avui dia, dos balnearis aprofiten les propietats terapèutiques d'aquestes aigües, les quals també són explotades amb un alt rendiment per quatre plantes embotelladores.

El termalisme de Caldes ha atret notablement els estudiosos de la geologia, que n'han cercat l'origen i la dinàmica. La presència de roques volcàniques relativament a prop de les fonts, fet que ja va ser constatat pels investigadors del segle XIX, sovint ha estat assenyalada com una clara demostració de la connexió existent entre el dinamisme termal i les fases pòstumes del vulcanisme del nord-est de Catalunya. A causa d'aquesta relació, ambdós fenòmens han estat estudiats amb un grau de detall notable a la majoria de treballs de caire regional que abasten la geologia de la comarca de la Selva i, amb més profunditat encara, en aquells més específics, centrats en la vila de Caldes de Malavella.

El desenvolupament de la vulcanologia en els darrers anys ha aportat nous coneixements sobre els mecanismes d'interacció aigua-magma durant l'activitat explosiva de tipus hidrovulcànic (Wohletz & Sheridan, 1983; Wohletz, 1983). Aquests avenços han

■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

permès la reinterpretació de les seqüències dels dipòsits volcànics i de les morfologies resultants, en termes d'activitat eruptiva i de mecanismes d'emplaçament dels materials.

En el context de la depressió de la Selva s'han reconegut diverses manifestacions ígnies amb un origen hidrovulcànic que tenen el seu màxim exponent en la Crosa de Sant Dalmai. En aquest treball es descriu la morfologia i els dipòsits del volcà inèdit del camp dels Ninots, el qual representa un altre exemple d'aquesta activitat a la zona volcànica catalana.

Emmarcament geogràfic i geològic

El municipi de Caldes de Malavella es localitza al nord-est de Catalunya, dins la comarca de la Selva, a la capçalera de la riera de Santa Maria i gairebé a la divisòria d'aigües entre la Tordera i el Ter, a uns 100 m sobre el nivell del mar.

Des d'un punt de vista morfoestructural es troba a la depressió de la Selva, una zona deprimida que queda encerclada a l'est pel massís de les Gavarres, al sud-est i al sud per la serralada de la Selva Marítima i a l'oest pel massís de les Guilleries (fig. 1). El seu enfonsament es va produir com a conseqüència de la tectònica distensiva que ha afectat el marge occidental de la Mediterrània des de començaments del Neogen, i que ha donat lloc a un seguit de fosses tectòniques que s'estenen des del mar del Nord fins a la costa mediterrània meridional de la Península Ibèrica.

En detall, la depressió de la Selva és determinada pel moviment d'un sistema de falles alineades d'est-nord-est a oest-sud-oest, les quals actuen conjugades amb un altre sistema de direcció nord-oest a sud-est, responsable de la compartimentació de la fossa. El sòcol és constituït per roques del Paleozoic, essencialment granitoides i, en menor proporció, metasediments afectats per metamorfisme de contacte sovint intens.

Des de l'inici del seu enfonsament, al Miocè superior, fins a l'actualitat, s'ha anat reblint amb sediments detrítics aportats pels cursos fluviotorrencials provinents dels massissos de les Gavarres i de les Guilleries. La natura dominantment granítica d'ambdues unitats muntanyoses ha comportat que els dipòsits acumulats tinguin un marcat caràcter arcòsic. Aquests materials, acumulats per un complex sistema de ventalls al·luvials, són de granulometria grossa a les vores de la fossa, on dominen graves i sorres, localment una mica cimentades, i més fina cap al seu centre, on apareixen sorres i argiles, a vegades relacionades amb llacunes. Encara que no hi ha gaires dades que permetin corroborar-ho (els jaciments de fòssils localitzats pertanyen al Quaternari o, com a molt, al límit Pliocè-Quaternari), es considera que la major part del rebliment sedimentari es

va produir durant el Pliocè. Només a la ciutat de Girona, al límit septentrional de la depressió, s'ha localitzat fauna més vella, en concret del Miocè superior (Villalta & Pallí, 1973). En conjunt, el gruix de sediments arriba a superar els 200 m en alguns llocs.

En aquesta zona es van produir importants manifestacions volcàniques durant el Neogen, lligades a la tectònica distensiva abans esmentada. Van tenir un caràcter mixt, amb fases eruptives estrombolianes i efusives. Els cons han estat arrasats per l'erosió, de manera que només queden algunes xemeneies i, sobretot, restes de colades basàltiques, sovint superposades les unes a les altres. Aquesta activitat ígnia es va concentrar a les vores meridional (Maçanet) i occidental (l'Esparra), encara que també és present en altres indrets, com és el cas de l'entorn de Caldes de Malavella. Les datacions d'aquestes roques, realitzades en diferents indrets de la comarca, indiquen que el vulcanisme va començar al Miocè superior, i que es va perllongar fins al Pliocè terminal (Guardia, 1964; Donville, 1973a i b). Menció a part mereix l'edifici freatomagmàtic de la Crosa de Sant Dalmai (Martí *et al.*, 1986), molt ben conservat, que segurament data del Quaternari (Pallí *et al.*, 1998).

Pel que fa al voltant de Caldes de Malavella, són coneguts des de fa molt de temps els afloraments de basalt de can Teixidor, que corresponen a una colada parcialment recoberta per sediments detrítics del Pliocè, que es recolza, almenys en part, sobre granodiorites. Aquesta colada es perllonga cap a l'est fins a la mateixa vila. També ha estat ben estudiada la xemeneia de Sant Maurici, enclavada en granodiorites. Encara que està molt erosionada, el grau d'alteració dels basalts que hi afloren és baix, i ha pogut ser datada en uns 5 Ma (Donville, 1973a i b). Així, els materials volcànics de Caldes que es coneixien fins ara són de caràcter efusiu, i cal situar-los cronològicament en el Pliocè.

El volcà del Camp dels Ninots

L'edifici volcànic que es descriu en aquest treball es localitza a la part occidental de la vila, concretament als relleus que envolten el camp dels Ninots, del qual pren el nom. Els materials del seu con constitueixen un aflorament continu de forma quasi circular, sobre els quals se situen, entre altres, can Salom, can Tranquil, can Pol, la fonda Esteva i el camp d'esports (fig. 2). També són tallats per la línia de ferrocarril, sota mateix de can Pol, on hi ha un dels afloraments més espectaculars, el qual ha estat descrit en molts treballs previs, encara que sempre ha estat interpretat com a un dipòsit sedimentari.

Antecedents

Són nombrosos els treballs que han estudiat la geologia de Caldes de Malavella, els quals, com ja ha estat assenyalat abans, s'han centrat bàsicament en aspectes lligats al termalisme i al vulcanisme. A continuació es fa una relació comentada dels autors que han descrit o assenyalat els materials volcànics de Caldes, com també dels que han fet esment dels materials que integren l'edifici del camp dels Ninots.

Va ser Vidal (1882) el primer a portar a terme un estudi geològic detallat de Caldes. Moltes de les descripcions que va fer dels materials aflorants són encara avui perfectament vigents. En relació amb el que ell anomena «*Formación Volcánica*», diu: «*Hay dos parajes en que se pueden observar estas manifestaciones del trabajo que se opera en el interior de la corteza terrestre: uno está al Norte de la población, lindando con ella; el otro se halla al Sur, á una distancia de media legua en el cerro de San Mauricio. La mancha volcánica del Norte consiste en una capa de basalto (...); se limita á ocupar los campos de can Rabassa y casa Teixidor, es decir, á uno y otro lado de la vía (...). La erupción basáltica del cerro San Mauricio asoma en su cúspide, á través del granito que lo constituye, y que no se deja en todo el camino desde que se sale de Caldas. Aquí son muy marcadas las formas prismáticas que suele presentar el basalto, viéndose los grandes prismas compuestos de cinco caras, y tener una posición casi vertical inclinando algo al Sur.*» Pel que fa a les roques sedimentàries, assenjala: «*Sobre el granito yace una formación lacustre de la época cuaternaria, que domina principalmente al Oeste y Suroeste de la villa. La vía férrea la atraviesa, poniendo de manifiesto sus estratos inferiores en un desmante que se encuentra viniendo del Empalme, á unos 300 metros antes de llegar á la estación (...). Estas hiladas se componen únicamente de arenas gruesas procedentes de la disgregación del granito; pero en su base encierran fragmentos de esta roca sin descomponer, que no deben haber sido arrastrados de remotos parajes, á juzgar por su poco desgaste. Los lechos de esta formación, completamente irregulares en su espesor, están marcados por líneas ferruginosas que dibujan en los taludes del desmante las leves ondulaciones de los sedimentos, viéndose fácilmente que por la parte del Este están levantados en el extremo por donde se entra en el vallecito de Caldas; este levantamiento se observa mejor aún en lo alto de la ladera occidental de este valle, junto al sendero que lo recorre, en cuyo sitio se nota que vienen encerrados, dentro de las hiladas, numerosos cantos de lava volcánica, porosa, que tienen un color claro por efecto de encontrarse en un marcado estado de descomposición.*» Aquesta és la primera descripció dels

materials que componen el con de l'edifici del camp dels Ninots. L'autor segueix amb les característiques dels materials suprajacents: «Sobre estos estratos *sabulosos descansa una capa de arcilla con nódulos silíceos (...) que forma la superficie de muchos campos en este sitio, y lleva abundantes nódulos de cuarzo resinita de tamaños variados y formas caprichosas, á veces esferoidales, pero comúnmente aplanados. (...) Con estos menilitos se encuentran, en los alrededores de Casa Pol, troncos vegetales muy carcomidos convertidos en sílice, que dejan, sin embargo, ver los menores detalles de sus tejidos en las porciones que se han podido conservar. La mayor parte pertenecen á plantas dicotiledóneas, pero hay algunas monocotiledóneas, entre las cuales el entendido botánico señor Teixidor, á quien las he mostrado, cree reconocer tallos de cyperacea y de tifacea. La capa de arcilla, que yace sobre la anterior, (...) es de color pardo verdoso, algo untuosa al tacto y de estructura hojosa, conteniendo escasos restos vegetales indeterminables carbonizados. Un delgado lecho de arenas graníticas, del cual sólo queda una pequeña porción que la denudación ha respetado en lo alto de la loma, corona esta serie lacustre.» Les capes argiloses descrites per Vidal corresponen als materials de rebliment del llac instal·lat dins del cràter de l'edifici del camp dels Ninots.*

El mateix autor (Vidal, 1886) en un treball més general, torna a descriure els mateixos materials: «En Caldas de Malabella se formó durante la época cuaternaria un lago, á donde las corrientes aportaban arenas, producto de la descomposición de las rocas graníticas, y estos sedimentos se ven hoy cortados por la trinchera del camino de hierro, encerrando cantos de lava, que prueban que ya entonces se manifestaba la actividad volcánica en la comarca. Sobre estos lechos *sabulosos descansa una capa de arcilla con nódulos silíceos: éstos son menilitos de cuarzo resinita, de formas aplanadas, y suelen encontrarse troncos convertidos en sílice, algunos de plantas monocotiledóneas, y los más de dicotiledóneas: los primeros parecen ser de Cyperacea y de Tifacea.*»

Font Sagué (1903) va estudiar la relació entre el vulcanisme de Caldes, manifestat en els mateixos dos afloraments descrits per Vidal, i el termalisme, i arriba a la conclusió que les aigües de Caldes tenen un origen totalment lligat a les manifestacions volcàniques.

En un treball específicament centrat en el vulcanisme gironí, Gelabert (1904) esmenta els afloraments basàltics ja coneguts: «El basalto se observa en el término de Caldas de Malavella, en los siguientes puntos: *puig de Ca'n Rabassa, puig Teixidor y puig del Juncá, Escasellas de Ca'l Matllo; en San Mauricio, al sur de la villa y en el Turó dels Moros, colina situada al lado de la anterior y mucho más volcanizada. El basalto en los expresados puntos, excepto el de San Mauricio, es descompuesto en la superficie, pero compacto y prismático á cierta profundidad.*

En el expresado Puig de San Mauricio, asoman en la cúspide prismas basálticos pentagonales y exagonales muy compactos, con manchas blanquecinas en su superficie.» A la pàgina 82 figura un tall esquemàtic del puig de Sant Maurici, on apareix la xemeneia basàltica que travessa oblíquament els granitoides.

Calderon *et al.* (1906), en un altre estudi monogràfic del vulcanisme de Girona, fan esment dels afloraments de Caldes i de Sant Maurici: «Las rocas volcánicas se han abierto paso y reposan sobre distintas formaciones de las enumeradas: sobre gneis y granito el volcán de San Dalmay; sobre granito el basalto de Caldas de Malavella (...). En ciertos sitios la superficie está surcada de crestones, de los cuales se ve un pavimento reticulado ó calzada, como en San Mauricio (...). Circunscribiéndonos ahora á los materiales volcánicos que existen en la localidad, notaremos que se inician al NW. del pueblo, en los campos de Casa de Teixidor y Casa de Rabassa. Pasada la estación del ferrocarril y siguiendo la vía hacia el N., á unos 400 m., vense á uno y otro lado de la misma los basaltos que ocupan dichos campos y que forman una especie de loma cortada por la vía férrea (...). El basalto reposa, al parecer, sobre granito; al menos así se observa por la parte de casa Teixidor (...). Cerca de Caldas de Malavella, aflora también el basalto en el cerro de San Mauricio, situado al SW. de Caldas (...). Aunque por la parte de Oriente es, como queda dicho, de granito y pegmatita, por el SW. y W. asoma el basalto compacto, reducido á prismas y fragmentos groseros (...). También es basáltico el cerro situado al S. del anterior y de altura semejante, quedando sólo separados por un estrecho barranco; en las laderas de aquél aparece el contacto entre el basalto y el granito». Adjunten una fotografia dels prismes basàltics del puig de Sant Maurici. Pel que fa al camp dels Ninots, comenten: «En el fondo de la laguna, que entonces ocupaba aquel sitio, se recogen variadas y pintorescas concreciones de ópalo menilita, que se han supuesto de origen secundario y procedentes de materia acarreada por aguas termales.» I, de l'aflorament de la via del tren, seguint les idees publicades per Vidal, exposen: «El mismo término de Caldas está invadido por una formación de acarreo, que han mencionado los Sres. Vidal y Font y Sagué, constituida por arenas gruesas procedentes de la disgregación del granito, en lechos irregulares, separados por líneas ferruginosas. Esta formación de acarreos sucesivos no es antigua, puesto que contiene numerosos cantos de lava. Por denudación posterior ha dejado colinas de cerca de 20 m. de altura.»

Bataller (1933) esmenta de nou els materials efusius de Caldes: «En el Cuaternario sufrió esta región un nuevo hundimiento, que con la ruptura a que dio origen determinó la salida de materias eruptivas, lavas y basaltos del que se encuentra una potente erupción junto a Caldas»

Llopis Lladó (1943), en un detallat estudi del medi hidrogeològic de Caldes, diu: «Sobre la plataforma granítica de la Selva, 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).» A un nivell de detall més gran, separa dues regions des d'un punt de vista geològic: una zona occidental, on afloren els materials sedimentaris descrits per Vidal, i una zona oriental, formada per granitoides, arcoses, argiles i travertins. La sèrie de la zona occidental és, segons ell, la següent: «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 carbonizados. 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 general 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 alejados (...). El horizonte 2, es difícil de definir, pues se confunde con los horizontes 1 y 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 dibuja 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.»

Solé Sabarís (1946) reprèn els estudis del termalisme de Caldes, fen esment dels materials volcànics que hi afloren: «(...) en Caldes de Malavella, el zócalo paleozoico, lo mismo que su cobertera pliocénica, ha sido fracturado, efectando las fallas incluso a los depósitos del Cuaternario, sin duda por haberse renovado el juego de las fallas anteriores que cruzan allí la depresión. Prueba la continuidad del fenómeno, desde el Plioceno al Cuaternario, el hecho de que las erupciones basálticas de Caldes de Malavella que fluyeron a lo largo de las mencionadas fallas, son antepliocénicas, pues los sedimentos arcósicos de esta época descansan sobre el material eruptivo, y sus depósitos, los mismos que los conglomerados villafranquienses, contienen abundantes cantos de basalto.»

El mateix autor (Solé Sabarís, 1948) publica un treball sobre els sediments del Pliocè de la comarca de la Selva, en el qual descriu de nou els materials de Caldes:

«Por sus especiales características merecen un comentario aparte los depósitos de Caldas de Malavella, conocidos ya de antiguo a causa del interés económico y geológico despertado por sus conocidos manantiales termales. Sin embargo, hasta ahora, no se habían relacionado con los restantes sedimentos pliocénicos de La Selva, razón por lo que casi todos los autores los habían considerado como cuaternarios (...). La erupción basáltica se reconoce por la existencia de un extenso afloramiento situado al Norte de Caldas, y en relación con una de las fallas que limitan la fosa tectónica. Esta erupción fue anterior a la sedimentación de las arcosas, como lo demuestra la abundancia de cantos basálticos rodados que en ellas se encuentran, por ejemplo en la ladera Sur del Puig de les Moleres, en la trinchera del cementerio, trinchera del ferrocarril, etc. Las arcosas más ricas en basalto o escorias volcánicas, como se observa muy bien en la trinchera del ferrocarril, abierta al Sur de la Estación, cambian de color por la abundancia de productos ferruginosos de descomposición del basalto, pasando en algunos lugares a una verdadera arcosa de cemento ferruginoso, más compacta que las restantes arcosas pliocénicas. (...) Tal como se ha indicado, encima de las arcosas silíceas existe un buen espesor de arcillas pardo-oscuro o negras, que se supone, tanto por su carácter turboso, como por su localización geológica, depositado en el fondo de una pequeña cuenca lacustre (...). Estas arcillas tienen de 8 a 10 metros de espesor en el centro de la antigua cuenca lacustre y en la base de la formación son ricas en nódulos de menilita, de formas caprichosas, conocidas en el país por «ninots», nombre que da lugar al conocido yacimiento del Turó dels Ninots, situado al lado de la vía férrea (...).» Tanmateix, Solé correlaciona les argiles del cràter del camp dels Ninots amb les que apareixen en altres indrets de la vila, colgades per dipòsits de travertins: *«Encima de estas arcillas aparece un buen espesor de travertinos, que en su base alterna con capas delgadas de arcilla, y, finalmente, se hacen más potentes hasta constituir una capa de 5 a 6 metros de potencia en el Turó de Sant Grau y en el Puig de les Ànimes, al Este de la población.»*

Marcet Riba & Solé Sabarís (1949) a la descripció del full de Girona del *Mapa Geológico de España* recullen part de les dades ja publicades anteriorment: *«En los alrededores de Caldas de Malavella, al Sur de la Riera de Benaula, la formación pliocénica reviste extraordinario interés por sus relaciones con los fenómenos hidrotermales y volcánicos de esta región.(...) Se trata, en esencia, de una fosa tectónica empotrada en el granito, el cual aflora en los bordes*

de la cubeta. En el interior de ésta se encuentran, fracturados, los depósitos pliocénicos, profundamente modificados a consecuencia de las erupciones basálticas (...). La erupción basáltica se reconoce por la existencia de un extenso afloramiento situado al Norte de Caldas, en relación con las fallas que limitan la fosa tectónica. Esta erupción fue anterior a la sedimentación de las arcosas, como lo demuestra la abundancia de cantos rodados de basalto que en ellas se encuentran, por ejemplo en la ladera Sur del Puig de les Moleres, en la trinchera del cementerio. Las arcosas más ricas en basalto y escorias volcánicas, como se observa muy bien en la trinchera del ferrocarril abierta inmediatamente al Sur de la estación, cambian de color por la abundancia de productos ferruginosos de descomposición del basalto, pasando en algunos lugares a una verdadera arcosa de cemento ferruginoso, más compacta que las restantes arcosas pliocénicas. (...) Tal como se ha expuesto al tratar del Plioceno de la Selva, encima de las arcosas silíceas de Caldas, existe un buen espesor de arcillas pardo-oscuro o negras, que se supone, tanto por su carácter turboso como por su localización geográfica, depositado en el fondo de una pequeña cuenca lacustre (...). Estas arcillas tienen de 8 a 10 m. de espesor en el centro de la antigua cuenca lacustre, y en la base de la formación son ricas en nódulos de menilita, mientras en la parte alta se acentúa el carácter turboso o más bien húmico. Estas arcillas integran el cerro de Can Pol, al S. de Caldas (...) Esta cuenca lacustre recogía al principio las aguas geiserianas procedentes del Puig de les Moleres, según denotan los menilitos de la base de las arcillas, y posteriormente surgían en su interior algunos manantiales termales, de los que aun perduran algunos, los cuales enriquecían en carbonatos el contenido del agua de la laguna.»

Llopis Lladó (1951) amplia la descripció dels materials que havia fet anteriorment (Llopis, 1943), detallant els límits entre les diferents unitats, plasmats en una cartografia geològica a escala 1:1.000. Considera que la vall de Caldes és una cubeta modelada en el granit, en la qual durant el Quaternari es va instal·lar una torbera, on primerament es van dipositar sorres i conglomerats en «lechos interestratificados de limonita (hierro de los pantanos)». Segons ell, «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.»

Solé Sabarís (1962) en un treball sobre el vulcanisme gironí, explicita de nou els afloraments de Caldes: «Al W de la estación de Caldes, debajo de Can Teixidor, hay un dique de basalto muy meteorizado cubierto en parte por el Plioceno, en cuyas capas se observan pequeños cantos de basalto,

completamente alterados, convertidos en arcilla negruzca, lo mismo, pues, que en el Ampurdán. En cambio, al Este de Caldes de Malavella, en el cerro de la ermita de Sant Maurici (139 m), hay una columnata basáltica que aparece mucho más fresca y mejor conservada, la cual forma un neck destacado, pero la ausencia de depósitos terciarios en sus inmediaciones impide conocer sus relaciones con la cobertera.» Pel que fa als dipòsits del camp dels Ninots, comenta el següent: «Vidal (1882, p. 77) describió de este mismo sector los depósitos tobáceos, formados por capas alternantes de arcosas con abundantes productos piroclásticos. Estas capas son particularmente visibles en la trinchera de la vía férrea, 300 m al Sur de la estación, en donde aparecen onduladas formando un suave sinclinal y un pequeño anticlinal. Encima se extiende el Cuaternario turboso, perfectamente datado paleontológicamente, del Turó dels Ninots, nombre alusivo a los nódulos de menilita cuya presencia señala la continuidad de las manifestaciones endógenas hidrotermales, de mayor importancia que las fuentes termales actuales. Así, puede asegurarse que las erupciones de este sector de la Selva son antepliocénicas o por lo menos de principios del Plioceno.»

Les primeres datacions dels materials efusius d'aquesta zona es deuen a Guardia (1964), que va analitzar el paleomagnetisme, entre altres, dels basalts de Sant Maurici, i va establir una edat del Pliocè inferior: «À Caldas de Malavella, le Pliocène contient des galets de basalte. Ce basalte est donc prépliocène. Le basalte de Caldas est extrêmement altéré et ne permet pas les mesures de paléomagnétisme. D'autre part à Sant Mauricio, il est difficile d'interpréter les résultats des mesures: le basalte n'est probablement plus en place, les prismes sont inclinés vers le Sud. En calculant la direction du champ après avoir redressé ces prismes, on obtient un magnétisme inverse. On peut donc, en émettant des réserves, considérer ce basalte comme pliocène inférieur.»

També amb l'objectiu d'establir la cronologia del vulcanisme gironí, Donville (1973) va analitzar els basalts de Caldes. Les descripcions que acompanyen el treball no aporten, tanmateix, dades noves: «Près de la gare de Caldas, un pointement basaltique en contact avec le granite est recouvert par des sables argileux. Au SE de cet affleurement, dans la tranchée du chemin de fer, on peut observer que ces couches argilo-gréseuses, devenant très ferrugineuses vers la base, présentent des ondulations et semblent soumises à l'effet de fractures. Ceci est bien visible grâce à la présence de produits tufacés sombres, interstratifiés dans ces niveaux. Par comparaison avec le Pliocène lacustre de Palau Sacosta, ces couches correspondraient à du Pliocène continental, d'autant qu'elles sont recouvertes d'argiles tourbeuses à fossiles quaternaires. On peut donc penser que l'éruption volcanique de Caldas de Malavella est pliocène. (...) Au S de

■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

Caldas de Malavella la colline de San Mauricio (139 m) est constituée par un dyke basaltique qui émerge du socle granitique sur près de 20 m. Le basalte est macroscopiquement peu altéré et se présente sous forme de colonnes prismatiques bien conservées. Comme il n'existe pas de sédiments à proximité il est impossible de fixer son âge». L'edat d'una mostra extreta d'aquest aflorament, establerta pel mètode K-Ar, és de $4,97 \pm 0,20$ Ma. Basant-se en aquesta dada, conclou: «Les diverses éruptions basaltiques de la fosse de Caldas de Malavella sont certainement contemporaines. Aussi, l'âge de 5,1 MA retenu pour le dyke de San Mauricio, peut-il être admis pour l'éruption de Caldas.»

Albert & Corominas (1979 i 1980) estudien la regió des del punt de vista geotèrmic. De la zona que ens ocupa en fan una petita descripció: «El valle de Caldes de Malavella, situado a 16 Km. al S. de Girona y a 200 m. sobre el nivel del mar, está excavado en una cubeta modelada en el granito que constituye el zócalo de la depresión de La Selva a favor de dos líneas fundamentales de fractura orientadas de NW a SE: la de Puig Moleres-Can Teixidor y la que pasa por los cerros de Can Rigau y S. Maurici. Ambas fracturas vienen patentizadas por la existencia de sendas emisiones basálticas. En la primera falla descrita, la más septentrional, el basalto puede observarse bajo la misma casa de Can Teixidor y en el camino de esta masía a Caldes de Malavella; el afloramiento basáltico correspondiente a la segunda fractura maestra mencionada constituye la parte alta del cerro de S. Mauricio y es de mucha menor extensión que el primero.»

A la memòria del full del mapa geològic de Santa Coloma de Farners a escala 1:50.000 (IGME, 1983) apareix descrita la unitat «Pliocènic volcànic» formada per arcoses amb un alt contingut en elements volcànics, la qual correspon, en realitat, als materials del con del volcà del camp dels Ninots. Concretament, s'explicita que «las arcosas con componentes volcánicos afloran al SO de la población (Can Pol) y litológicamente son arenas con un alto contenido en fragmentos basálticos y, en menor proporción, graníticos y metamórficos, en capas bien estratificadas, que dibujan un conjunto de suaves pliegues. Estos sedimentos presentan una coloración rojiza amarillenta debida al alto porcentaje de productos ferruginosos existentes, originados por la oxidación en procesos de meteorización de los pequeños fragmentos basálticos, llegando en algunos casos a considerarse la roca como una arcosa de cemento ferruginoso.» Pel que fa al rebliment lacustre del cràter, esmenten: «(...) en el cerro existente al SO de Caldas (Can Pol) (...) existe un tramo de arcillas grises oscuras plásticas y de aspecto turboso que contienen abundantes nódulos de menilita de formas características (ninots) en los niveles inferiores y con frecuentes restos vegetales carbonizados en los niveles superiores.»

Al full del mapa geològic 1:200.000 de Barcelona (IGME, 1984), apareix ben representat a nivell cartogràfic el volcà del camp dels Ninots, amb la seva característica forma anular. Tanmateix, l'interpreten com un dipòsit sedimentari pliocènic.

Pallí & Maestro (1992) i Pallí & Roqué (1992) esmenten de nou els afloraments basàltics de Caldes.

Guimerà *et al.* (1992), al volum II de la *Història Natural dels Països Catalans*, descriuen els materials del con del camp dels Ninots, atribuint-los novament una gènesi sedimentària: «Finalment, el desmantellament dels edificis volcànics miopliocènics va generar uns dipòsits molt localitzats d'arenas conglomeràtiques poligèniques amb un percentatge elevat de còdols basàltics, granítics i metamòrfics que, per alteració dels clasts volcànics, han adoptat diversos vermells i, fins i tot, són cimentats per hematites; localment hom ha observat conglomerats bretxoides de clasts decimètrics de basalt, granit i esquists metamòrfics, amb suport de matriu argilosa i arcòsica. Aquests dipòsits són visibles a Caldes de Malavella, a la trinxera del ferrocarril que es troba al S de l'estació, al camp d'esports i al puig de Sant Pol, situat al SW de la població.»

Pallí & Roqué (1996) esmenten altra vegada els afloraments efusius de Caldes.

Finalment, Mallarach (1998), en una àmplia monografia sobre el vulcanisme de les comaques gironines, tracta sumàriament els afloraments de la Selva: «Al nord-oest de Caldes de Malavella, al puig de les Ànimes i de Sant Grau, hi ha restes de colades de lava basàltica i alguns dics volcànics que estan relacionats amb els fenòmens hidrotermals.» En realitat, a les dues localitats esmentades afloren travertins. Continua dient: «La lava es troba en un estat d'alteració tan avançat que no ha permès obtenir ni mesures paleomagnètiques ni datacions fiables. Nogensmenys, dins dels sediments atribuïts al Pliocè, s'han reconegut alguns nivells piroclàstics interstratificats i també còdols de lava, cosa que fa pensar que l'erupció va ocórrer durant el Pliocè. (...) Al puig de Sant Maurici hi ha un aflorament làvic ben prismat, en forma de banyó volcànic.»

Morfologia

L'estructura del volcà del camp dels Ninots es fa difícil de percebre a causa de l'erosió que ha patit. Tanmateix, encara és possible reconèixer una depressió envoltada de turons de poca alçada: veïnat de Baix, bosc del Manco, pineda de can Pol, turó de can Tranquil i la zona de la Casanova d'en Salom (fig. 2). Els materials volcànics afloren en tots aquests alts topogràfics, tret del veïnat de Baix, on es troben sorres del Neogen. La zona interna deprimida presenta un

pendent suau cap a l'oest. Dins seu dominen els sediments argilosos, i és ocupada per camps de conreu.

Els dipòsits piroclàstics s'estenen més enllà dels turons esmentats i es distribueixen de manera força simètrica, disposant-se anularment al voltant de la depressió interna. La presència d'abundants fragments lítics en aquests materials fa suposar que es tracta d'una construcció de gènesi freatomagnàmica. En concret, atesa la distribució dels materials volcànics i la morfologia descrita, s'interpreta com un edifici de tipus anell de tuf. Aquesta mena d'edifici és freqüent a la zona volcànica catalana: en són bons exemples els que es troben en els volcans de la Crosa de Sant Dalmai, a la Selva (Pallí & Roqué, 1996); del Puig d'Adri, al Gironès (Pujadas *et al.*, 1998), i de la Garrinada, a la Garrotxa (Pujadas & Pallí, 1999), entre d'altres. En tots aquests casos, però, les construccions freatomagnàmiques estan parcialment colgades per cons d'escòries que es van desenvolupar en fases eruptives posteriors de caràcter estrombolià. En el volcà del camp dels Ninots, en canvi, només es reconeix l'anell de tuf. Així, és format per un únic edifici, en el qual és possible diferenciar el con i el cràter.

El con queda definit per un relleu anular de poca alçada i de vessants suaus, que queda lleugerament enlairat respecte dels sediments neògens i quaternaris que l'envolten. La vall plana de la riera de Santa Maria ressegueix les seves vores nord i nord-oest, i contribueix a definir-ne i ressaltar-ne la forma. Els materials piroclàstics que el conformen s'erosionen amb facilitat i, en conseqüència, cal pensar que la seva alçada ha estat més gran en el passat. Nogensmenys, la compacitat de molts dels dipòsits que el formen ha permès que no es desmantellés del tot. La base del con coincideix, en gairebé tots els casos, amb l'extensió màxima dels materials expulsats pel volcà. El seu diàmetre màxim és d'uns 1.000 m en direcció nord-nord-est a sud-sud-oest, pràcticament coincidint amb una línia recta que va des del camp d'esports fins a can Salom. El diàmetre menor és d'uns 800 m, i és quasi ortogonal a l'anterior, és a dir, en direcció oest-nord-oest a est-sud-est, seguint una alineació que va des de can Fornaca fins al talús de la via del tren, a l'altura del pont de la carretera comarcal GI-673.

El cràter, que com correspon a aquesta mena d'edificis és d'explosió, coincideix amb la zona deprimida abans esmentada, i té per centre el punt de coordenades X=483.310 i Y=4.631.700. La seva planta és lleugerament el·líptica i arriba a tenir un eix màxim de 650 m en direcció nord-est a sud-oest i un de mínim, perpendicular a l'anterior, de 400 m. Assoleix una profunditat màxima de 20 m. Actualment es troba reomplert per sediments argilosos i, a les vores, per materials piroclàstics esllavissats des dels flancs interns del con. Com succeeix en alguns casos en aquest tipus d'edificis, un dels vorells del cràter està format per materials preeruptius (zona del veïnat de Baix)(fig. 3).

Característiques dels materials volcànics

Totes les roques volcàniques observades a l'edifici del camp dels Ninots són de tipus piroclàstic, i han estat generades per una activitat eruptiva de tipus explosiu (fig. 3). No s'han detectat materials massius, de caràcter efusiu, associats a aquest volcà.

L'anàlisi detallada dels components dels dipòsits piroclàstics es veu dificultada pel recobriment edàfic, que sovint n'impedeix un estudi directe, com també per l'estat d'alteració que presenten, força avançat. Com a conseqüència de l'alteració s'han format nombroses concrecions i crostes d'òxids de ferro, les quals fan que aquests materials adquireixin un cert grau de cimentació i que prenguin una coloració vermellosa molt característica (fot. 1). En alguns casos s'observen crostes centimètriques d'òxids que envolten piroclastos aïllats; altres vegades, les crostes es disposen al voltant d'una massa de piroclastos petits i formen un agregat de dimensions decimètriques.

A totes les seccions estudiades es veu que aquests materials estan constituïts per una barreja de fragments juvenils i lítics. La proporció relativa d'uns i altres és molt variable. Els fragments juvenils, originàriament negres, han adquirit, com a conseqüència de l'alteració, una coloració marró clar i beix. Tot i això, es pot veure amb claredat que estan poc vesiculats. Els fragments lítics es corresponen amb els materials que formen el substrat preeruptiu aflorant a la zona. Ordenats segons la seva abundància es troben granitoides, arcoses i quars.

Afloraments

Els dipòsits piroclàstics són visibles en superfície en nombrosos indrets al voltant del cràter. Tanmateix, només hi ha uns pocs afloraments dispersos en els quals és possible estudiar parcialment la seqüència deposicional del volcà. Les dues seccions més remarcables per les seves dimensions són la de can Tranquil i la de la via del tren, a l'altura del pont de la carretera GI-673. En ambdós casos es reconeix una successió piroclàstica en la qual alternen dipòsits de fragments fins amb altres de més grollers.

Can Tranquil

A uns 50 m al sud de can Tranquil, en el talús d'un dels camps de conreu, es pot observar un bon aflorament; té una orientació nord-sud i és perpendicular al vorell del cràter. La localització d'aquest punt correspon a la part summital del vessant sud-oest del con volcànic. El gruix total del conjunt aflorant és de 2,4 m i en general els seus nivells presenten un cabussament d'uns 15/20º cap al nord.

Es reconeixen clarament dos dipòsits amb un grau d'alteració moderat; a més, al sostre de la seqüència s'han individualitzat tres capes de poc gruix (fot. 2).

El dipòsit 1, amb una potència d'1 m, està format per una successió de nivells de cendres i de bretxes. Les cinc capes de cendres, dominants en aquest primer dipòsit, arriben a tenir gruixos màxims de 20 cm; en alguns casos presenten estructures d'impacte de blocs dipositats posteriorment. Els components són irrecognoscibles a ull nu a causa de la seva granulometria fina i del seu estat d'alteració. Les bretxes piroclàstiques tenen una potència més important que els nivells de cendres i entre els seus components es distingeixen amb claredat els fragments juvenils, de colors negres i amb una vesiculació incipient, i els lítics, formats per fragments predominantment de roques granítiques i de quars. Els blocs, dispersos entre les capes de cendres i bretxes, arriben a tenir diàmetres de fins a 30 cm i són majoritàriament de roques granítiques.

El dipòsit 2 té un gruix de 0,9 m i hi dominen els nivells de bretxes sobre els de cendres. Les característiques composicionals de les capes que el formen són semblants a les del primer dipòsit. Els blocs són, en aquest cas, gairebé exclusivament juvenils.

Les darreres tres capes del sostre, cadascuna amb un gruix de 0,15 m són, de baix a dalt: un nivell de cendres amb alguns blocs centimètrics, un de lapil·lis amb una granulometria relativament homogènia i un de bretxes amb abundants fragments lítics granítics de mida centimètrica.

Via del tren

A uns 125 m al nord de can Pol, en els talussos de la via del tren, es troba un dels afloraments més extensos de materials piroclàstics del volcà del camp dels Ninots (fot. 3). Aquest sector correspon a la part distal nord-oest del con de l'anell de tuf i el tall té una orientació nord-est/sud-oest, paral·lel al vorell del cràter. El grau d'alteració dels materials expulsats pel volcà és molt alt; tanmateix, es reconeixen clarament fins a 6 dipòsits, amb un gruix aflorant total de 3,5 m en el talús meridional. La disposició de les capes és majoritàriament subhoritzontal o amb un lleuger cabussament cap al nord.

El primer dipòsit presenta un gruix de 0,6 m i és format per lapil·lis grollers juvenils i per lítics. És molt homomètric i només ressalten de forma molt dispersa alguns blocs. Els piroclastos juvenils, amb una vesiculació incipient, són de color beix-blanquinós com a conseqüència de l'alteració, característica comuna a la resta d'aquest tipus de components que es troben en els dipòsits reconeguts a l'aflorament. Els lítics són gairebé tots de roques granítiques i també es mostren alterats.

El conjunt de nivells de cendres amb lítics que segueixen en la seqüència amb un gruix de 0,2 m, formen el dipòsit 2. També s'observen intercalades algunes petites passades constituïdes majoritàriament per fragments juvenils i lítics de mida lapil·li. La major compactació d'aquestes capes constitueix un ressalt positiu en el talús.

El dipòsit 3 és de lapil·li groller amb lítics i presenta unes característiques molt semblants al primer. En aquest cas, però, no es troba gairebé cap bloc. La potència total és de 0,8 m.

Amb una presència molt més notòria de fragments juvenils, el dipòsit 4 està format per lapil·li fi amb lítics. Es tracta d'un únic nivell que té una potència de només 0,15 m.

Seguint en la seqüència és troba un altre paquet de nivells de cendres i lapil·lis fins amb lítics, de 0,35 m de gruix, que corresponen al dipòsit 5. Amb unes característiques semblants a les altres cendres descrites, destaca la presència de nombroses laminacions on s'han desenvolupat concrecions d'òxids de ferro. Aquestes laminacions són creuades i s'observen amb claredat ja que estan remarcades per la presència d'òxids, principalment en el seu tram mitjà.

L'últim dipòsit descrit, el 6, es troba semicobert i té un gruix d'1,4 m. Les seves característiques són molt semblants a les del 3, i també s'hi reconeixen crostes ferruginoses que es concentren a la seva part mitjana. Aquesta acumulació d'òxids separa dos nivells: l'inferior, amb alguns blocs molt dispersos, i el superior, que és molt més homomètric. També es reconeixen algunes passades de fins, més freqüents cap al sostre.

Sondatges i pous

Amb l'objectiu de determinar el tipus i el gruix dels materials piroclàstics que formen el sector sud-oest del con del volcà del camp dels Ninots, es va portar a terme un sondatge mecànic amb recuperació de testimoni continu (S1). El punt escollit va ser l'alt topogràfic que es troba just al costat de can Tranquil (fig. 2). En superfície subafloren els dipòsits volcànics en els petits marges dels camps que es troben en el sector. La cota d'aquest punt és de 95,3 m i la fondària màxima assolida va ser de 30 m. Els materials reconeguts en aquest sondatge són, de dalt a baix, els següents (fig. 4):

- 29 m d'alternança de dipòsits piroclàstics de granulometria fina i grollera. Sovint es reconeixen nivells amb abundants concrecions d'òxids i a partir de 8,5 m tots els piroclastos juvenils estan molt alterats i presenten coloracions marró clar i, més freqüentment, beix. En els dipòsits de granulometria més grollera que es troben a la base de la seqüència dels materials volcànics es reconeixen amb freqüència clastos lítics (de granitoides i de quars) arrodonits.

- 1 m de sorres argiloses de gra fi a mitjà de color gris. Els grans de sorra més abundants són de quars, i és també notòria la presència de feldspats. Aquest nivell és interpretat com el substrat sedimentari pliocènic prevolcànic.

El pou de can Tranquil (P1), situat a prop del sondatge S1, talla 14 m de roques volcàniques. Segons les dades de que es disposa, la columna de materials travessats és formada, de dalt a baix, per tres nivells:

- 3 m de dipòsit piroclàstic.
- 0,5 m de basalts. Probablement es tracta d'un bloc de grans dimensions.
- 10,5 m de dipòsits piroclàstics parcialment cimentats.

El sondatge S2, efectuat a prop de l'estació de RENFE (fig. 2 i 4), no afecta els materials volcànics:

- 13 m d'argiles sorrenques. Formen part dels sediments fluviotorrencials quaternaris de la riera de Santa Maria.
- 2 m de sorres arcòsiques. Pertanyen a la sèrie detrítica del Pliocè.
- 1 m de conglomerats amb ciment silici. Es tracta d'un nivell de materials pliocènics afectats per processos hidrotermals que n'han generat una forta cimentació. Són equiparables als conglomerats del puig de les Moleres (sector de llevant de Caldes).

Materials de rebliment del cràter

A l'interior del cràter es va formar un llac, el qual es va reblir amb sediments argilosos i, en menor proporció, sorrencs. Aquests darrers devien de provenir tant de les vores del con com de l'alt topogràfic del veïnat de Baix. La natura lacustre de les argiles ja va ser establerta per Vidal (1882), que, a banda de fer notar la presència de nòduls d'òpal, fa esment de l'existència de troncs silicificats (xilòpals) que semblaven correspondre a *Cyperacea* i a *Tifacea*.

En detall, les argiles són de color verd fosc, a vegades negreses i, també, vermelloses o groguenques a causa de la presència d'òxids de ferro. Sovint presenten una laminació molt clara, formada per una alternança de nivells argilosos mil·limètrics de colors clars i foscos. Aquestes làmines són quasi horitzontals, però a les zones properes a les vores del cràter apareixen replegades a causa de processos d'instabilitat gravitatòria durant la seva sedimentació. Hi són molt freqüents les inclusions de fragments de vegetals carbonitzats, com també de capes centimètriques de calcàries i d'òpals. En superfície els nòduls d'òpal són abundants a la zona de contacte amb els dipòsits piroclàstics del con, especialment a can Pol i al camí de can Tranquil.

Per determinar el gruix i la seqüència deposicional d'aquests materials es va realitzar un sondatge mecànic de reconeixement amb recuperació de testimoni continu (S3). La perforació es va fer al costat de la fàbrica de can Mas (fig. 2 i 4), en uns terrenys afectats per un rebaix de terres que va deixar al descobert els sediments lacustres. La cota d'aquest punt és de 108 m i la fondària màxima assolida va ser de 29 m. La columna de materials travessats és, de dalt a baix, la següent:

- 4,3 m d'argiles de color gris verdós amb algunes faixes marronoses per la presència d'òxids de ferro i de petits fragments de carbó. S'hi observa una clara laminació subhoritzontal, formada per una alternança de capes mil·limètriques argiloses de color fosc i clar, aquestes darreres a vegades barrejades amb llims i sorres fines. Tot el nivell conté una mica de carbonat de calci.
- 4 m d'argiles de color groc blanquinós. La laminació és subhoritzontal. Conté quelcom de carbó. El carbonat de calci és molt més abundant que en el nivell suprajacent, i apareix formant nòduls petits de mida mil·limètrica.
- 0,9 m d'argiles de color gris, amb quelcom de carbonat de calci i de carbó. Presenten una alternança de làmines mil·limètriques grises i blanquinoses, fortament replegades.
- 0,3 m d'argiles negres amb laminació subhoritzontal. Contenen carbonat de calci i carbó.
- 0,65 m d'argiles de color gris verdós, formades per làmines mil·limètriques replegades que alternen tonalitats de color verd clar i fosc. Presenten carbonat de calci i fragments de carbó.
- 0,25 m d'argiles negres laminades. Contenen una mica de carbonat de calci.
- 2,15 m d'argiles negres d'aspecte massiu, amb escasses làmines subhorizontals blanquinoses. El carbonat de calci hi és escàs o absent.
- 0,5 m d'argiles de color gris verdós amb faixes grogues i vermelloses per a la presència d'òxids de ferro. La laminació està verticalitzada i sovint plegada. S'hi observen fragments de carbó. Conté quelcom de carbonat de calci.
- 6,4 m d'argiles gris verdoses sense òxids de ferro, amb làmines verticalitzades i plegades. Tot el paquet conté carbonat de calci i restes de carbó.
- 0,3 m de calcàries micrítiques amb laminació mil·limètrica subhoritzontal. Inclouen restes de carbó i alguns grans de sorra.
- 0,8 m d'argiles gris verdoses laminades, fortament plegades, amb restes de carbó i quelcom de carbonat de calci.
- 0,9 m de calcàries micrítiques amb laminació mil·limètrica subhoritzontal. S'hi observen petits fragments de carbó.

- 0,85 m d'argiles negres d'aspecte massiu.
- 0,5 m d'argiles gris verdoses ben laminades. Contenen restes de carbó i fragments d'ossos. Presenten una mica de carbonat de calci.
- 1,25 m d'argiles gris negreses amb làmines plegades, fragments de carbó i quelcom de carbonat de calci.
- 0,5 m de calcàries micrítiques laminades.
- 0,25 m de limolites i gresos de gra fi ben cimentats, amb nòduls mil·limètrics d'òpal de color marró fosc (ninots).
- 1 m d'argiles de color gris clar. Presenten una laminació plegada i una mica de carbonat de calci.
- 0,75 m de calcàries micrítiques amb laminació mil·limètrica plegada.
- 1,5 m de calcàries micrítiques cavernoses amb nòduls centimètrics d'òpal de color marró fosc (ninots).
- 0,5 m d'argiles gris negreses. Presenten làmines plegades i quelcom de carbonat de calci.
- 0,5 m d'argiles negres d'aspecte massiu, amb fragments de carbó.

Per completar la informació, es van estudiar les columnes existents d'alguns dels pous (P2, P3 i P4) de l'interior del cràter (fig. 2). El pou de can Mas (P2) presenta una seqüència de materials similar al sondatge S3, pel fet que es troben a escassa distància l'un de l'altre. Així s'hi troben, de sostre a base:

- 26 m d'argiles.
- 1 m de «roca». Sens dubte es tracta d'un dels nivells de calcàries interceptats al sondatge S3.

Al sud de can Mateu, un altre pou (P3) talla els sediments de l'interior del cràter:

- 45 m d'argiles negreses.
- 10 m de «carbonats». Segurament corresponen a un conjunt de nivells de calcàries micrítiques similars a les del sondatge S3.

Finalment, un pou profund situat al sud de can Pol (P4) ofereix una columna més completa i permet esbrinar la natura del substrat sobre el qual es recolzen els materials argilosos:

- 30 m d'argiles.
- 70 m de graves i sorres amb intercalacions de capes argiloses. Es tracta dels sediments pliocènics prevolcànics.
- 1 m de sorres. Tant poden ser un nivell de la sèrie detrítica pliocènica com la part alta i alterada del sòcol granític.

L'edat dels sediments lacustres ha estat, des dels treballs de Vidal, invariablement atribuïda al Quaternari. És ben coneguda la presència de restes òssies fossilitzades de vertebrats d'aquesta època en els nivells turbosos intercalats amb els travertins de Caldes (Vidal, 1882; Font Sagué, 1903; Llopis, 1951), en concret al puig de les Ànimes, a les termes romanes del turó de Sant Grau i al pou de la Mina. Tanmateix, no és possible establir una correlació entre ambdues formacions argiloses, atès que, a banda de respondre a gènesis diferents, entre elles no existeix cap relació de continuïtat en l'espai ni en el temps. Nogensmenys, és cert que esporàdicament apareixen restes fossilitzades en òpal de vertebrats acompanyant els nòduls d'òpal de can Pol. En aquest sentit, la prospecció portada a terme durant el reconeixement de camp va permetre localitzar uns pocs fragments ossis indeterminables en superfície entre can Pol i can Tranquil, com també nombroses restes *in situ* de *Bos primigenius* BOJANUS, que van aparèixer en un rebaix efectuat al costat de la fàbrica de can Mas, molt a prop del sondatge S3. Aquesta fauna demostra que el rebliment va tenir lloc durant el Quaternari, almenys pel que fa als seus darrers estadis, ja que la distribució cronostratigràfica d'aquesta espècie comprèn des del Pleistocè mitjà fins a l'Holocè.

Conclusions

La reinterpretació d'uns afloraments coneguts d'antuvi permet concloure que al sector occidental de la vila de Caldes hi ha un edifici volcànic de tipus anell de tuf, el qual fins ara no havia estat mai assenyalat. Aquest volcà és clarament posterior als sediments pliocènics de la depressió de la Selva, damunt dels quals es recolza. També és posterior als materials volcànics efusius presents a la zona, els quals daten de fa uns 5 Ma.

Els dipòsits piroclàstics que constitueixen el seu con s'estenen de forma anular entorn d'un cràter d'explosió de fins a 650 m de diàmetre. Les característiques sedimentològiques i la naturalesa dels fragments que formen aquests dipòsits demostren que l'activitat eruptiva que tingué lloc va ser de tipus hidrovulcànic. Tots els materials van ésser emplaçats per fluxos del tipus onada piroclàstica i per projeccions balístiques de gran abast. La successió d'explosions hidromagnàmiques van dipositar seqüències de bretxes i d'onades piroclàstiques, amb percentatges importants de clastos del substrat, arrencats per les explosions volcàniques. Els lítics arrodonits, molts d'ells fragments de quars i de granitoides, reconeguts en els dipòsits de bretxes a partir del sondatge S1, corroboren que l'aquífer que va alimentar l'activitat freatomagnàmica es trobava inicialment en els materials neògens superficials (graves i sorres arcòsiques). Així doncs, l'hidrovulcanisme es va produir per la interacció del magma amb aigua freàtica poc profunda, que podia

■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

arribar a ser, en alguns casos, aigua d'antics estanys de la zona. L'existència a la rodalia de sediments fluviolacustres, anteriors a la formació del volcà, així ho fa pensar. El nivell d'interacció magma-aigua es va anar desplaçant fins arribar a situar-se en aqüífers més profunds, localitzats en els materials granítics presents en el substrat.

En funció de les dades actuals, s'interpreta que va existir una única fase d'activitat eruptiva, durant la qual es va construir un edifici de tipus anell de tuf. La depressió interna que correspon al cràter volcànic va restar al llarg dels temps com a llac volcànic i es va anar omplint d'argiles producte de la mateixa alteració dels materials piroclàstics. Entre aquestes es van intercalar nivells sorrencs procedents de l'esllavissament dels materials que formaven els flancs interns del con. La troballa de *Bos primigenius* BOJANUS en els sediments argilosos d'aquest llac demostra que almenys una part del rebliment va tenir lloc a partir del Pleistocè mitjà. La presència de nombroses precipitacions d'òpals, carbonats i òxids de ferro, com també l'actual termalisme de Caldes de Malavella, fa pensar en un llac d'aigües calentes. Aquestes aigües es van infiltrar a través dels materials del con volcànic i van afavorir l'alteració i l'oxidació dels seus components.

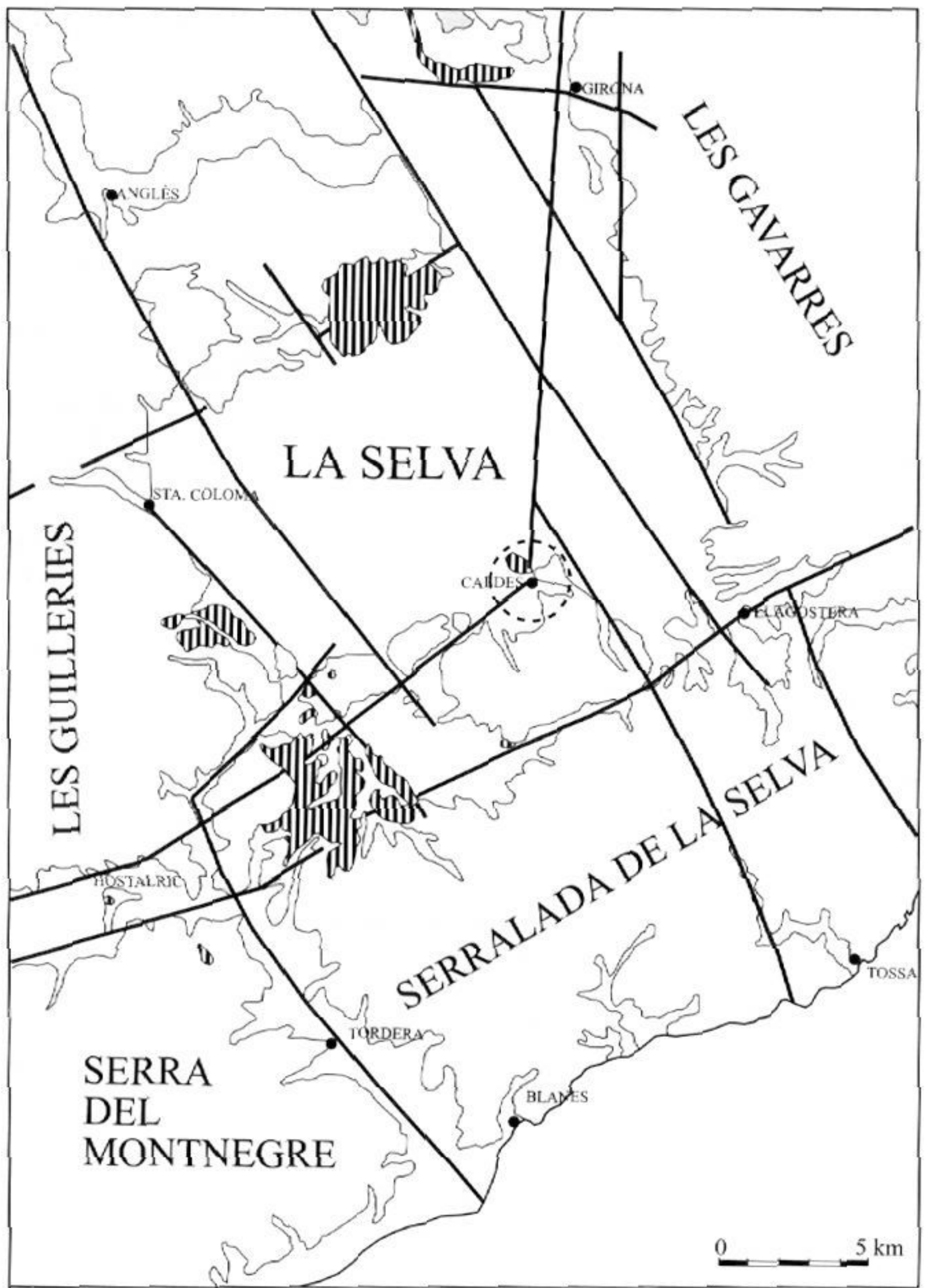
Agraïments

Els autors volen expressar el seu agraïment als membres del Laboratori d'Arqueologia de la Universitat de Girona per la classificació de la fauna fòssil. Els sondatges 1, 2 i 3 han estat realitzats en el marc del conveni CECAM-UdG de prospecció geotècnica.

Bibliografía

- ALBERT, J.F. & COROMINAS, J. (1979). *Estudio Geotérmico preliminar de la depresión de La Selva (Gerona)*. Plan Nacional de abastecimiento de materias primas energéticas. Compañía General de Sondeos, Madrid, 84 p.
- ALBERT, J.F. & COROMINAS, J. (1980). *Estudio Geotérmico de la depresión de La Selva*. Instituto Geológico y Minero. Compañía General de Sondeos, Madrid, 84 p.
- BATALIER, J.R. (1933). *Condiciones geológicas de las aguas minerales de Cataluña*. Laboratorio de Geología del Seminario de Barcelona, Publ.núm 8, Barcelona, 90p.
- CALDERÓN, S.; CAZURRO, L. & FERNÁNDEZ NAVARRO, L. (1906). «Formaciones volcánicas de la provincia de Gerona». *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, tom IV, memòria 5a, Madrid, p. 159-491.
- DONVILLE, B. (1973a). «Géologie Néogène et Âges des eruptions volcaniques de la Catalogne orientale». [Tesi] Universitat Paul Sabatier- Tolosa. [Inèdita]
- DONVILLE, B. (1973b). «Âges potassium-argon des roches volcaniques de la dépression de La Selva (Nord-Est de l'Espagne)». *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 2777, p. 1-4.
- FONT SAGUÉ, N. (1903). «Orígen geológico de los manantiales termo-minerales de Caldas de Malavella (Provincia de Gerona)». *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, t. III, Madrid, p. 411-417.
- GELABERT, J. (1904). *Los volcanes extinguidos de la provincia de Gerona*. Octavio Viader, impressor. Sant Feliu de Guíxols.
- GUARDIA, P. (1964). *Contribution à l'étude des volcans de la Province de Gerone et du paléomagnétisme de leurs coulées*. Mém. du Diplôme d'Études Supérieures. Faculté de Sciences, Universitat de París, 56 p. [Inèdita]
- GUIMERÀ, J. et al. (1992) *Història Natural dels Països Catalans*. Geologia II. Enciclopèdia Catalana, Barcelona.
- IGME (1984). *Mapa Geológico 1:200.000. Barcelona 35(10-4)*. Madrid.
- IGME (1983). *Mapa Geológico de España 1:50.000. Santa Coloma de Farners (333)(38-13)*. Madrid.
- LLOPIS, N. (1943). *Estudio hidrotectónico del valle de Caldas de Malavella*. Barcelona, 20 p.
- LLOPIS, N. (1951). «Estudio geológico de los alrededores de Caldas de Malavella (Gerona)». *Speleon*, II, Oviedo, p. 103-164.
- MARCET RIBA, J. & SOLÉ SABARIS, L. (1949). *Hoja Geológica de España, escala 1:50.000. Explicación de la Hoja núm. 334, Gerona*. Madrid, 140 p.
- MARTÍ, J.; ORTIZ, R.; CLAUDIN, F. & MALLARACH, J. M. (1986): «Mecanismos eruptivos del volcán de la Closa de Sant Dalmai (Girona)». *Anales de física, Sèrie B* (Número especial); p. 143-153.
- PALLÍ, L. & MAESTRO, E. (1992). «Característiques lito-estructurals». A Pallí L. & Brusi, D. (ed.). *El Medi Natural de les Terres Gironines*. Girona, p. 21-34.
- PALLÍ, L. & ROQUÉ, C. (1992). «Morfologia». A Pallí Ll. & Brusi, D. (ed.): *El Medi Natural de les Terres Gironines*. Girona, p. 35-48.

- PALLÍ, L. & ROQUÉ, C. (1996). «Els afloraments volcànics a les comarques gironines». *Revista de Girona*, 174, Girona, p. 65-68.
- PALLÍ, L.; ROQUÉ, C. & PUJADAS, A. (1998). «La Crosa de Sant Dalmai: un ejemplo del Patrimonio Geológico de Girona». A: Durán J.J. & Vallejo M. (ed.). *Comunicaciones de la IV Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico*, Oviedo, p. 103-105.
- PALLÍ, L.; TRILLA, J. & ESTALRICH, J. (1983). *Mapa morfològic de la depressió de la Selva*. Departament de Geodinàmica de la UAB i Departament de Geologia del Col·legi Universitari de Girona.
- PUJADAS, A. & PALLÍ, L. (1999). «Fosa de Olot». A Pallí L. & Roqué C. (ed.). *Avances en el estudio del Cuaternario español*, Girona, p. 346-356.
- PUJADAS, A.; PALLÍ, L.; BRUSI, D. i ROQUÉ, C. (1997). *El vulcanisme de la Vall de Llèmena*. Dialogant amb les Pedres 5), Universitat de Girona, p. 67.
- SOLÉ SABARÍS, L. (1948). «Observaciones sobre el Plioceno de la comarca de la Selva (Gerona)». *Estudios Geológicos*, 8. Barcelona, p. 287-307.
- SOLÉ SABARÍS, L. (1946). «Características hidrogeológicas de los manantiales carbónicos de Gerona llamados Fonts Picants». *Anales del Instituto de Estudios Gerundenses*, 1. Girona, p. 236-269.
- SOLÉ SABARÍS, L. (1962). «Observaciones sobre la edad del volcanismo gerundense». *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*. Tercera època, 695, vol. XXXIV, núm. 12, p. 359-372.
- VIDAL CARRERAS, L.M. (1882). «Estudio geológico de la estación termal de Caldas de Malavella (Gerona)». *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, t. IX, Madrid, p. 65-91.
- VIDAL CARRERAS, L.M. (1886). «Reseña geológica y minera de la Provincia de Gerona». *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, t. XIII. Madrid, p. 209-380.
- VILLALTA, J. F. & PALLÍ, L. (1973). «Presencia del Mioceno continental bajo el cauce del río Onyar en Gerona». *Acta Geológica Hispánica*, t. VIII, p. 109-110.
- WOHLETZ, K.H. & SHERIDAN, M.F. (1983). «Hydrovolcanic explosions II. Evolution of basaltic tuff rings and cones». *American Journal of Science*, 283, p. 385-413.
- WOHLETZ, K. H. (1983). «Mechanism of hydrovolcanic pyroclast formation: Grain-size, scanning electron microscopy and experimental studies». *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, p. 17, 31-64.



- Zona d'estudi.
- ▨ Materials volcànics.
- ▭ Blocs deprimits: materials neògens i quaternaris.
- ▧ Blocs enlairats: materials pre-neògens.
- ▬ Falles principals.

Fig. 1. Esquema tectònic de la depressió de la Selva, segons Pallí et al. (1983).

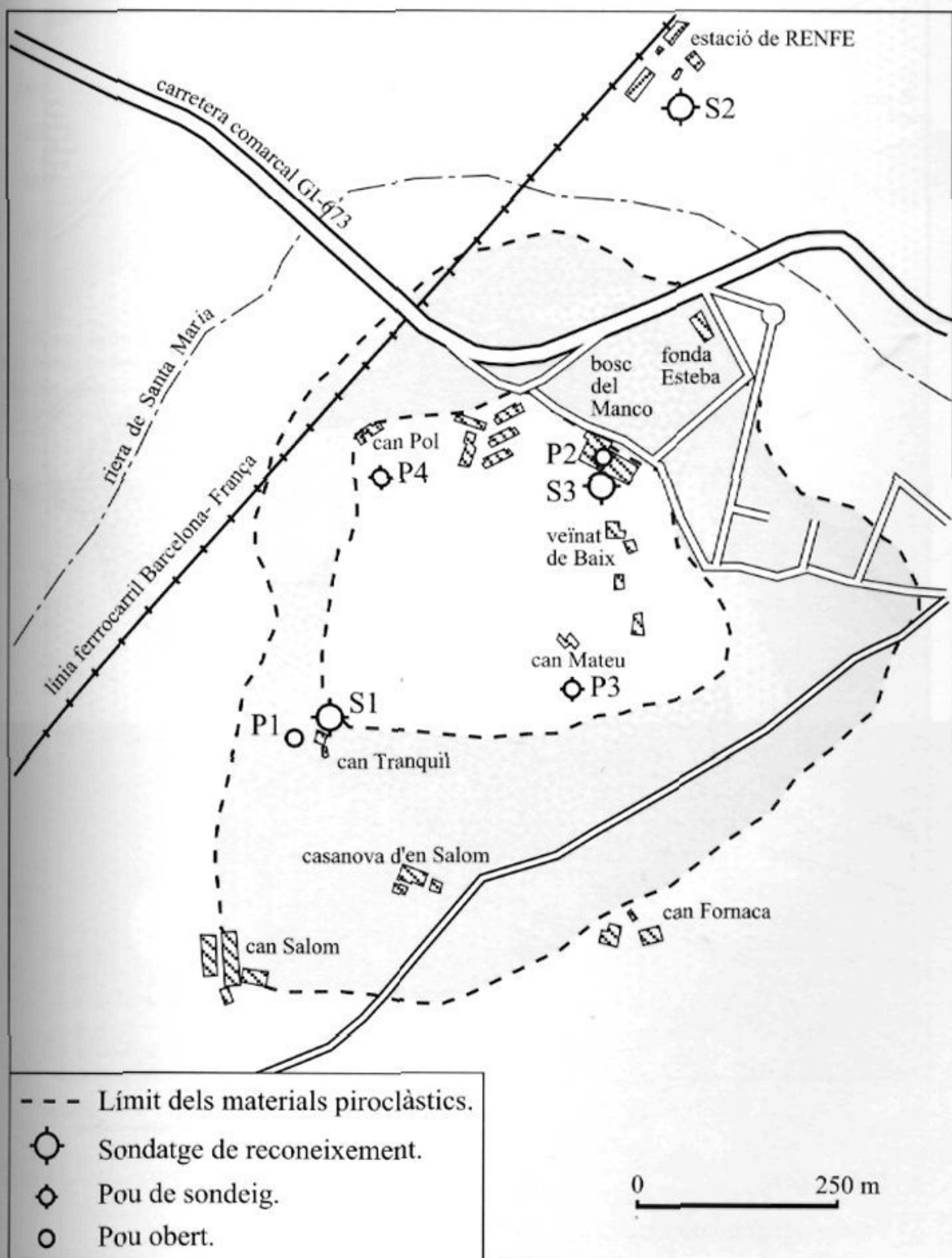


Fig. 2. Situació i límits dels materials piroclàstics, amb indicació dels sondatges efectuats i dels pous estudiats.





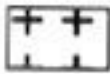
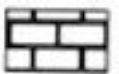


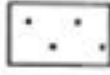

- | | |
|--|--|
|  Habitatges. |  Dipòsits piroclàstics. |
|  Paleozoic: granitoides. |  Quaternari: travertins. |
|  Neogen: basalts. |  Quaternari: argiles lacustres. |
|  Neogen: graves i sorres. |  Quaternari: llims i argiles fluviatorrencials. |

Fig. 3. Esquema litològic dels voltants del camp dels Ninots.

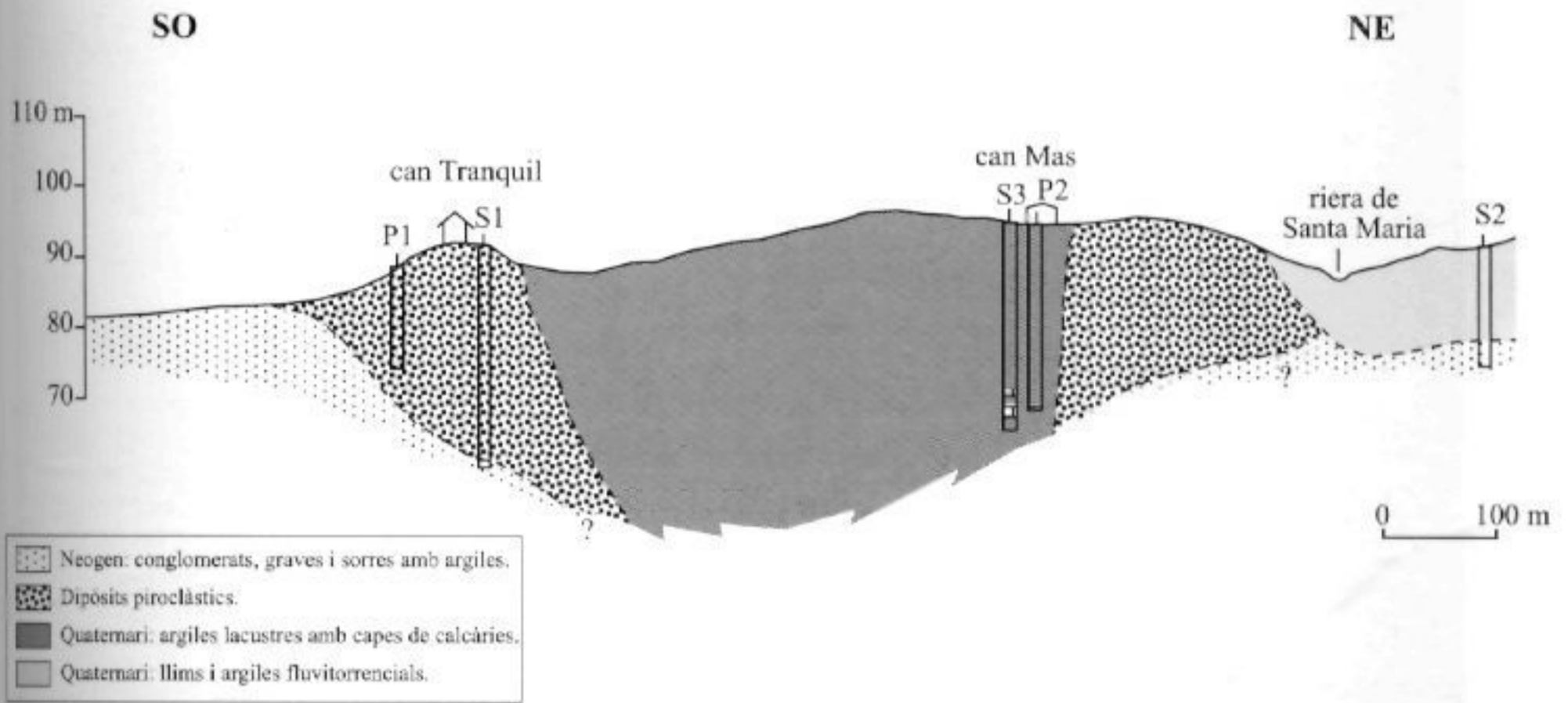


Fig. 4. Tall geològic del volcà del camp dels Ninots.



Fragment juvenil afectat per un procés d'oxidació.



Aflorament de materials piroclàstics a la zona de can Tranquil.



Seqüència de dipòsits piroclàstics en un talús de la via del tren.