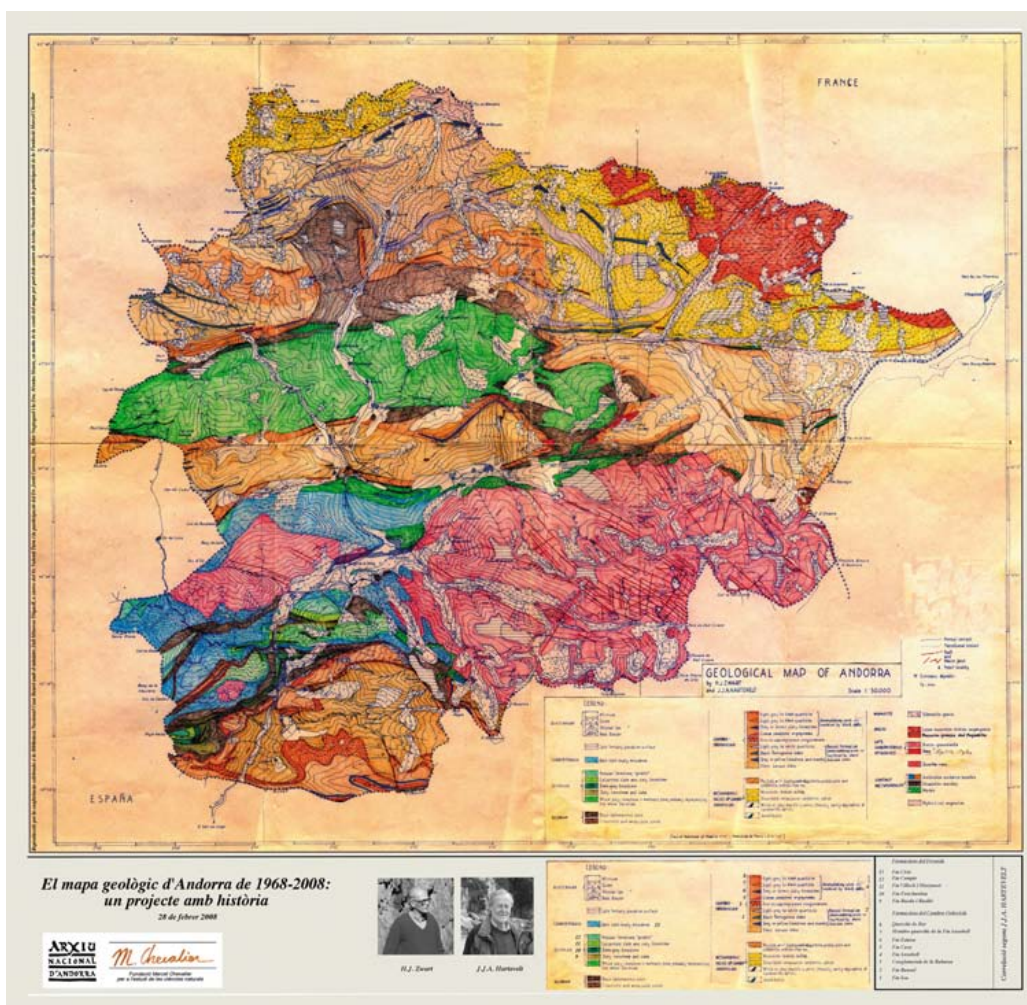


EL MAPA GEOLÒGIC D'ANDORRA, UN PROJECTE AMB HISTÒRIA

V. TURU(1), H. J. ZWART(2), J. J. A. HARTEVELT(2), J. CARRERAS(3), P. MEY(2), P. NAGTEGAAL(2)



Mapa geològic, 1968 (Fons Arxiu Nacional d'Andorra)

1. Fundació Marcel Chevalier
2. Grup de la Universitat de Leiden
3. Universitat Autònoma de Barcelona

INTRODUCCIÓ

Tot document reflecteix el context històric en el qual va ser fet i el mapa geològic del 1968 n'és un clar exponent. El mapa és fruit d'un projecte de cartografia geològica dut a terme als Pirineus centrals per la Universitat de Leiden (Holanda) just finalitzada la Segona Guerra Mundial i s'estén fins a ben entrada la dècada dels 70, amb la participació de més d'una centena de geòlegs holandesos i l'edició final de 10 mapes a escala 1:50.000. La qualitat dels treballs realitzats i la precisió cartogràfica assolida constitueixen,

encara avui dia, un referent en el món de la geologia que es coneix com a *l'escola holandesa de geologia*. En aquest projecte cartogràfic el Principat d'Andorra queda partit en dos mapes, el sector nord al full 6 i el sector sud al full 10, realitzats pels geòlegs Henk Zwart i Jaap Hartevelt respectivament. Els patrons geològics són diferents atenent les característiques litològiques de les àrees cartografiades. No obstant això, els dos autors es van posar d'acord per sintetitzar els dos mapes en un de sol amb la idea de publicar-lo al Principat. La idea, però, va quedar frustrada per la manca de interès institucional i el mapa ha romàs inèdit, prop de 40 anys, a Holanda. Els esforços de la Fundació Marcel Chevalier i l'Arxiu Nacional d'Andorra n'han fet possible la recuperació per al seu estudi. Aquest mapa constitueix una peça clau per entendre la litologia del Principat d'Andorra en el seu conjunt, és un manuscrit original de remarcable valor científic a escala de la serralada pirinenca.

UNA MICA D'HISTÒRIA

El projecte cartogràfic dels Pirineus va començar el 1948. Per comprendre la raó d'aquest projecte cal primer introduir la història del departament de geologia de Leiden. Abans de la Segona Guerra Mundial el departament era bastant petit, constava d'un sol professor titular, un professor extern i dos professors adjunts amb alguns estudiants. L. U. De Sitter va ser un d'aquests membres. Era el responsable del personal en el camp, concretament en el programa de cartografia *Bergmask* als Alps italians.

La majoria dels estudiants van prendre part en aquest programa de camp una o diverses temporades. El projecte es va acabar el 1939 a causa de la Guerra, quan la universitat es va tancar per un període de cinc anys. El 1945 el departament de geologia es va obrir de nou amb una gran quantitat de nous estudiants. Per aquesta raó es va haver d'ampliar la plantilla amb nous professors i més personal associat.

De Sitter va ser nomenat professor de geologia estructural i de nou es va convertir en l'encarregat del programa de camp. Després d'alguns petits projectes a Suècia i Algèria De Sitter va tractar d'obtenir un lloc als Pirineus francesos. En aquella època això no era tan senzill com sembla ja que a França la majoria dels departaments de geologia reclamaven l'exclusivitat de determinades regions. Per la part francesa dels Pirineus el professor M. Casteras de Tolosa era el responsable al qual s'havia de consultar per obtenir un permís. De molt mala gana va acordar que De Sitter

podria estudiar el massís Primari d'Arize (al sud de Tolosa), que consta de roques cristal·lines. El professor Casteras únicament estava interessat en les roques del secundari i del terciari, i poc en les roques del primari. Finalment, l'estiu de 1948, De Sitter va arribar amb 25 estudiants de llicenciatura al Massís d'Arize per cartografiar el paleozoic o primari.

Ben aviat Henk Zwart es va convertir en el seu assistent i el 1949 va iniciar la seva tesi al massís de Sant Barthelémy (Arieja). Les instruccions continuaven sent les mateixes: només havia de cartografiar la seva part oriental, on afloren les roques del paleozoic. El seu campament base estava situat a la coneguda pedrera de talc de Trimouns (Luzenac). La part oriental d'aquesta pedrera es troba al límit amb les roques sedimentàries mentre que a la part occidental hi ha les roques metamòrfiques a les quals també va fer un cop d'ull. La temptació de veure les migmatites i els micaesquists fou molt gran, fet que li va marcar i condicionar tota la carrera acadèmica.

AQUEST MAPA ÉS UN MANUSCRIT ORIGINAL DE REMARCABLE VALOR CIENTÍFIC A ESCALA DE LA SERRALADA PIRINENCA

El 1950, De Sitter va decidir continuar la cartografia dels Pirineus i va optar per iniciar-se en la zona axial, amb un grup d'estudiants a la vall del riu Salat (Arieja). L'any següent, un nou grup d'estudiants de postgrau va cartografiar la vall de Castillon-sûr-Lhez (Migdia-Pirineus). El 1952 el treball es va estendre més a l'oest a la part francesa de la Garona, al voltant de Saint-Béat (Garona). El 1953 la cartografia es va estendre fins a Espanya per treballar a la Vall d'Aran. Atès que tots els estudiants d'aquests cursos eren inexperts en cartografia, els seus treballs havien de ser considerats com preliminars. Per obtenir una informació millor i més fiable es va incentivar el treball d'estudiants de postgrau en pro d'obtenir un màster (M.Sc.), on cadascun d'ells disposava d'una àrea dintre de la regió ja estudiada en els cursos de cartografia.

Aquest programa es va iniciar el 1949 al massís de l'Arize i Saint Barthelémy i al nord de la frontera andorrana, al massís de l'Aston que llavors es deia massís d'Ax-Montcalm. A partir d'aquest moment molts estudiants van fer dos o tres temporades de cartografia per finalitzar els seus estudis en màster (M. Sc. thesis). Part d'aquests treballs es van publicar

a "Leidse Geologische Mededelingen". En total, prop de 100 estudiants van participar en aquest projecte els noms dels quals figuren en les llegendes dels mapes. A més, alguns d'aquests estudiants van passar a fer un doctorat, fent generalment al voltant de dos o tres campanyes de camp.

A partir de 1954 van veure la llum una sèrie de mapes geològics del massís de l'Arize i del massís de Saint Barthelémy, ambdós de la vall del Arieja, així com un mapa preliminar de la part nord dels Pirineus centrals. Tots aquests mapes es van publicar a diferents escales, i el 1958 De Sitter va decidir publicar una sèrie de mapes a una escala de 1:50.000 entre Ax-les-Thermes (Arieja) i Bagnières de Luchon (Migdia-Pirineus). En total, el projecte preveia la publicació de deu mapes que devien abastar tota la zona, cadascun dels fulls havia d'anomenar-se a partir del nom d'un riu. El primer full, el núm. 3 Arieja, es va publicar el 1959 i l'últim, el núm. 10, el 1969. Per al codi de colors De Sitter també va seguir el seu propi camí, no li agradava el codi internacional per al paleozoic perquè trobava que els colors eren poc lluminosos i va proposar la gamma de colors que ara és ben coneguda.

Respecte a les cartografies realitzades en la vessant sud dels Pirineus, després del primer reconeixement a la Vall d'Aran, es va seguir treballant en la zona axial, al Valira (Andorra i l'Alt Urgell), el Flamisell (Pallars Jussà), Pallaresa (Pallars Sobirà i Jussà), l'Éssera (Osca), i valls del Ribagorçana (La Ribagorça, el Pallars Jussà i Osca). Es va publicar una cartografia molt extensa de les roques d'edat devoniana i cambroordoviciana, tant a França com a Espanya per H. Zandvliet el 1960, però sobretot cal destacar la litoestratigrafia del devonià en aquesta regió identificada per P. Mey, que va publicar el full 8 per al seu doctorat, com també l'aportació de J. J. A. Hartevelt que va començar amb un màster entre les valls del Valira i el Segre, continuant posteriorment amb el doctorat i la publicació del full 10. De Jaap Hartevelt cal destacar que és un geòleg de camp molt meticulós i que es va passar moltes temporades al camp des de 1961 a 1967 per millorar la cartografia del mapa núm. 10.

Tot el projecte va durar 20 anys, des de 1948 fins a 1968. Alguns treballs més específics de doctorat es van publicar separatament però dins el marc d'aquest projecte. Un d'aquests fou el de J. Oele, que va examinar l'estructura del cambroordoviciana entre el massís de l'Aston i l'anticlinori de Salat-Pallaresa (1966). També D. Boschma, al 1963 i H. Avé Lallemand, al 1969, van publicar l'estudi de les roques ultramàfiques de l'Etagne-de-Lhers (Vicdesos a l'Arie-

ja), o C. Passchier, el 1982, que va publicar sobre les estructures mil·loníiques del massís de Saint Barthelémy.

**MOLTS DELS GEÒLEGS HOLANDESOS
QUE EN EL SEU DIA ES VAN FORMAR ALS PIRINEUS
VAN APLICAR EL QUE VAN APRENDRE EN D'ALTRES
INDRETS DEL MÓN. AQUEST FET HA PROPICIAT
ENCARA MÉS LA DIFUSIÓ DELS PIRINEUS
COM A SERRALADA DE PREFERÈNCIA**

El 1970 el govern holandès va pensar que ja hi havia massa departaments de geologia als Països Baixos. Llavors es va decidir tancar un parell o tres d'aquests instituts. Això va donar lloc que els departaments de geologia de les universitats de Leiden, Amsterdam i Groningen haguessin de ser sacrificats per incorporar-se a la Universitat d'Utrecht i a la Universitat lliure d'Amsterdam. Per aquesta raó la majoria del personal de Leiden es van sumar al departament de geologia de la Universitat d'Utrecht al 1979. Això no va significar que després de 1968 s'acabessin els treballs geològics als Pirineus: durant la dècada dels setanta Henk Zwart portava diversos estudiants que treballaven en temes específics o recartografiant àrees crítiques. A més, la cartografia del conjunt del massís de Lys-Caillaouas li fou novament assignada a Zwart, però lamentablement no hi havia fons perquè es publicuessin. No obstant això, B. van der Eeckhout va fer el doctorat a la part més oriental del massís de l'Aston-Hospitalet (nord d'Andorra), mentre que A. Speksnijder el va fer sobre les estructures de deformació fràgil en la vessant sud dels Pirineus centrals; ambdues tesis es van publicar el 1986. El treball de geologia estructural per part del grup d'Utrecht passa, en l'actualitat, per l'estudi de les lertzolites del nord dels Pirineus.

APORTACIONS DE L'ESCOLA HOLANDESA DE LEIDEN

Les aportacions de l'escola holandesa de Leiden han estat nombroses. Ja de ben iniciat el projecte de cartografia sistemàtica dels Pirineus centrals van realitzar una cartografia de síntesi de la zona axial, des de la costa Cantàbrica fins a al Mediterrani, fet que constituïa en el seu temps una primícia perquè seguia uns patrons geològics moderns.

El projecte de cartografia sistemàtica dels Pirineus centrals, en deu fulls a escala 1:50.000 constitueix,

encara avui dia i després de 40 anys des de la publicació del darrer full (el núm. 10), l'única cartografia geològica original per a moltes comarques pirinenques. L'èxit del projecte de cartografia no hauria estat possible sense l'existència d'una revista de renom científic, *Leidse Geologische Mededelingen*, responsable de difondre tant a institucions acadèmiques com científiques els treballs del departament de geologia de la Universitat de Leiden. Alguns dels treballs i cartografies de la Universitat de Leiden foren traduïts al castellà per l'IGME (Instituto Geológico y Minero de España).

**EL PRINCIPAT OCUPA UN LLOC PRIVILEGIAT
DINS DE LA SERRALADA PERQUÈ A ÀNDORRA
HI HA TOTES LES TIPOLOGIES DE ROQUES
EXISTENTS A LA ZONA AXIAL
(ROQUES METAMÒRFIQUES, SEDIMENTÀRIES, ÍGNIES
I GNEISSOS)**

Del treball de la cartografia cal destacar-ne la precisió. Del treball d'interpretació cal agrair que està molt d'acord amb les observacions cartogràfiques i no són especulatives. Una d'aquestes observacions constitueix l'edat i l'origen de les roques presents a Rialb i a la vall d'Incles, en concret gneissos, i que formen part de les roques més profundes dels Pirineus. La discussió sobre l'origen i l'edat d'aquestes roques amb l'escola francesa del professor Guitard va ser molt llarga. Per aquest professor les roques tenien una edat molt antiga, anterior al paleozoic, mentre que per Zwart eren del paleozoic. Les datacions recents dels elements radioactius d'aquestes roques ha permès donar la raó a Henk Zwart tot i què la polèmica no està del tot resolta en el massís del Canigou.

En l'àmbit de l'estratigrafia cal destacar la seva contribució en la definició de les formacions litològiques del paleozoic (cambroordovicià i devonià), especialment per part de Peter Mey i Jaap Hartevelt. En aquest àmbit es pot dir que l'escola holandesa es preocupava no només de per fer l'estudi local descriptiu, sinó que també es denota una voluntat d'aportar les eines necessàries per a l'estudi de la serralada dels Pirineus per a futurs investigadors.

Molts dels geòlegs holandesos que en el seu dia es van formar als Pirineus van aplicar el que van aprendre en d'altres indrets del món, sovint per a importants companyies petrolieres (Shell, Chebron). Aquest fet

ha propiciat encara més la difusió dels Pirineus com a serralada de referència.

La zona axial de la serralada dels Pirineus és actualment una zona de referència mundial per les noves aportacions que l'escola de Leiden va difondre en el seu dia, com per exemple:

1 Anàlisi en fases deformatives. S'ha vist que l'estudi de la deformació de les roques en fases deformatives és especialment útil en serralades que han experimentat una deformació polifàsica. Aquesta metodologia s'ha exportat a altres serralades.

2 Els conceptes d'infraestructura i supraestructura. L'escola holandesa va treure la idea que les roques de les serralades de plegament, com els Pirineus, segueixen uns patrons de deformació diferents en funció de si es troben a prop o no de la superfície d'un autor alemany d'entreguerres (Weggman). Aquesta idea la desenvolupen inicialment als Pirineus i després s'ha observat que en d'altres serralades també hi ha els mateixos patrons, com per exemple a les rocalloses del Canadà.

3 Les zonacions metamòrfiques de les roques de la infraestructura. L'escola holandesa fou de les primeres a efectuar als Pirineus cartografies de zonificació segons els cristalls metamòrfics existents a les roques. Van identificar diversos domos tèrmics com el de l'Aston i el de Bossòst. Aquest darrer (el dom tèrmic de Bossòst) és conegut arreu del món en el camp de la geologia estructural com un model de metamorfisme d'elevada temperatura i baixa pressió.

4 Aportacions en el camp de la petrologia. Concepte de cristalls sintectònics i pretectònics. De forma associada a l'estudi del metamorfisme de les roques, Henk Zwart va observar que, en funció de la forma que presenti el cristall metamòrfic en relació amb la foliació de la roca, hom pot reconstruir la història del metamorfisme que ha experimentat la roca segons les fases deformatives experimentades per les roques. Aquestes pautes definides en primer lloc als Pirineus, se segueixen actualment arreu del món.

Això significa que els afloraments que aporten un coneixement poden ser utilitzats com un recurs didàctic, per la qual cosa val la pena conservar-los, preservar-los i divulgar-los.

En aquest sentit, el Principat ocupa un lloc privilegiat dins de la serralada perquè a Andorra hi ha totes les tipologies de roques existents a la zona axial (roques metamòrfiques, sedimentàries, ígnies i gneissos), hi ha els dos nivells estructurals amb una infraestructura al nord del país i una supraestructura al sud, i s'ob-

serveixen importants zonacions metamòrfiques al nord. El riu Valira ha fet una dissecció d'aquestes roques en direcció nord-sud, fet que permet veure aquestes roques i la seva variació seguint el curs fluvial.

EL MAPA GEOLÒGIC DE 1968

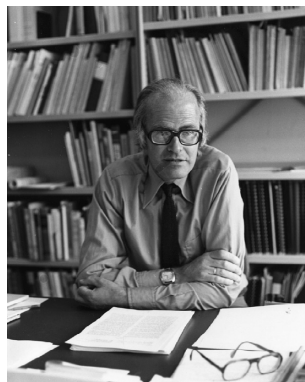
Després de tants anys als Pirineus Henk Zwart va decidir marxar de Leiden, i del 1964 al 1968 va fer treball de camp als Alps suïssos, que combinava amb algunes visites als Pirineus. Tres anys després De Sitter es va retirar i al 1969 Henk Zwart va ser nomenat professor titular a Leiden, com a successor de De Sitter. En aquest període va continuar treballant a Escandinàvia i feia viatges ocasionals als Pirineus, la majoria dels quals eren excursions amb estudiants. Finalment, al 1988, Henk Zwart es va jubilar.

Respecte a la cartografia de l'àrea d'Andorra, després que Henk Zwart acabés el treball al massís de Saint Barthelémy, va voler estudiar el metamorfisme de l'hercinià. Per a això va cartografiar els massissos de l'Aston i Hospitalet, en va estudiar la microestructura de les roques a l'entorn del Serrat i també va treballar a la Vall d'Aran. En aquests llocs va fer unes vuit campanyes de camp entre 1956 i 1964, a més de fer un inventari detallat i de supervisar el treball dels estudiants en les seves zones de camp.

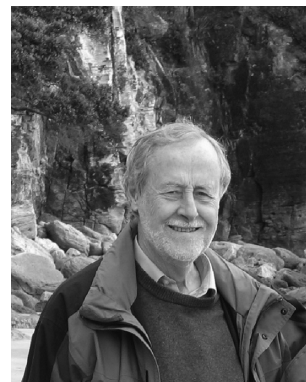
Pel que fa al mapa del massís de l'Hospitalet (mapa 6) Henk Zwart havia estat treballant a la part nord d'Andorra, mentre que, al mateix temps, Jaap Hartevelt va començar la seva labor a la vall del Valira (mapa 10). Junts van fer, el 1968, un mapa geològic de tot Andorra amb l'esperança que pogués ser publicat. Es va establir contacte amb el Sindicat d'Iniciativa, però que no va conduir a res. Més tard, al final de l'estiu de 1968, Jaap Hartevelt es va posar en contacte a Encamp amb Albert i Jacqueline Puigoriol, autors que anys abans havien publicat Els Andorrans perquè els aconsellessin en aquest afer. Però els dos foren molt escèptics envers la publicació del mapa i la sensibilitat del país per les temàtiques científiques. Aquest fou el final del projecte, que van deixar córrer.

La recuperació del mapa fou força casual. Va ser durant la fase de recerca bibliogràfica per fer l'inventari de fòssils del Principat d'Andorra, a càrrec del Sr. V. Turu per a l'empresa Igeotest, SL, que es posa en contacte amb un dels autors (Jaap Hartevelt) a Holanda, el qual fa menció de l'existència d'un mapa geològic d'Andorra inèdit fet al 1968. Un cop finalitzat l'inventari, la Fundació Marcel Chevalier inicia els passos per recuperar el mapa. La tardor del 2006 Turu

es posa en contacte amb un antic membre del grup de Leiden (Peter Mey) que viu a Tolosa i actua com a intermediari en aquest procés. La primavera del 2007 la Fundació es posa en contacte amb l'Arxiu Nacional d'Andorra per veure la possibilitat que aquesta institució es pugui fer càrrec de la seva custòdia i conservació. Amb l'acord de l'Arxiu, la Fundació estableix contactes personals amb l'altre autor (Henk Zwart), directament a Andorra el 15 de maig del 2007. A partir d'aquest moment s'inicia el procés de recuperació del mapa (traducció dels contractes en anglès, retocs per part dels autors i nova redacció) fins que al desembre del 2007 el mapa és donat pels autors a l'Arxiu i al gener de 2008, finalment, arriba a Andorra. La presentació pública del mapa, que va tenir lloc a la Biblioteca Nacional d'Andorra (Casa Bauró) el 28 de febrer passat també ha estat un homenatge als autors i a l'escola holandesa per la seva aportació científica, que en el cas del Principat és especialment útil en ser un país de muntanya on la geologia sembla que se't tiri al damunt.



H. J. Zwart



J. J. A. Hartevelt