

Proposta i acceptació dels encavalcaments en el marc de les idees geològiques de començaments del segle XIX

Pere Santanach*

Abstract

SANTANACH, P. Proposal and acceptance of thrusts in geology at the start of the XIX century. This paper addresses different ideas about thrusts at the early 19th century: 1) The publication of anomalous stratigraphical superpositions in the Alps by H.-C. Escher in 1807 and the rejection of this idea by von Buch, who advocated the neptunist orthodoxy, in 1809. 2) The description of the contact between the granite and the Jurassic and Cretaceous deposits along the Elbe valley (Saxony), including fault rocks, and its interpretation as a thrust (Lausitz thrust) by Weiss in 1827. 3) The controversy between neptunists and plutonists about the interpretation of this structure, rejecting the ideas of Weiss that were not consistent with the dominant theories (1829-1834). 4) The research project led by Cotta (1835-1838), which resulted in the acceptance of the Lausitz structure as a thrust by the geological community; the interpretation of Weiss made a come-back after having been eclipsed by the neptunist-plutonist controversy. The article also examines the researchers' attitudes to models and their observations as well as some aspects of the methodology.

Key words: History of Geology, XIX century, thrust.

Resum

Es relata la història de la introducció del concepte d'encavalcament a començaments del segle XIX: 1) la publicació de superposicions estratigràfiques anòmales als Alps per H.-C. Escher el 1807 i el rebuig d'aquest fet per von Buch, defensor de l'ortodòxia neptunista, el 1809; 2) la descripció del contacte entre el granit i els dipòsits juràssics i cretàcics, a la vall de l'Elba (Saxònia), com a un encavalcament (encavalcament de Lusàcia) amb les corresponents roques de falla per Weiss el 1827; 3) la polèmica entre neptunistes i plutonistes pel que fa a la interpretació d'aquesta estructura (1829-1834); aquesta polèmica conduí a l'arraconament de les idees de Weiss, que no encaixaven en cap de les teories imperants; i 4) el projecte de recerca de Cotta (1835-1838), que portà a l'acceptació de l'encavalcament de Lusàcia per la comunitat geològica: es retorna a la interpretació de Weiss, després que la polèmica entre neptunistes i plutonistes l'eclipsés. L'article també tracta sobre les actituds dels investigadors enfront de models i observacions, així com sobre aspectes metodològics.

Paraules clau: Història de la Geologia, segle XIX, encavalcament.

INTRODUCCIÓ

Un encavalcament és una falla contractiva, és a dir, una falla el moviment de la qual produeix un escurçament horitzontal i un engruiximent vertical. Quan es forma, la superfície de la falla és suaument inclinada –pot tenir trams horitzontals– i el moviment del bloc superior es fa en sentit ascendent. Això dona lloc a la duplicació de materials en una vertical, de manera que roques situades originàriament a més profunditat se situen sobre roques més superficials, tot i que hi poden haver zones on no hi hagi duplicació. Si l'encavalcament es forma en una sèrie sedimentària horitzontal, roques més antigues se situaran sobre roques més modernes.

Per reconèixer un encavalcament cal: 1) conèixer la successió dels materials, de més profunds a més superficials; si es tracta de terrenys sedimentaris, de més antics a més moderns; 2) adonar-se que els materials profunds es troben per sobre dels més superficials; i 3) entendre que el contacte entre aquests dos paquets de materials és una falla. Tot això, que avui és obvi, era desconegut a finals del segle XVIII i començaments del XIX, en els temps fundacionals de la geologia, durant bona part dels quals conviuen, en diferents graus d'acceptació, les idees neptunistes i plutonistes.

Aquest article tracta sobre la proposta i acceptació per la comunitat geològica del primer encavalcament. Per facilitar la comprensió d'aquest episodi de la història de la geologia s'exposen, primer, alguns aspectes de les idees geològiques dominants des de finals del segle XVIII fins a mitjans del segle XIX. Després de relatada la història del procés d'acceptació del concepte d'encavalcament, a manera de cloenda, se'n ressalten aspectes sobre les actituds dels científics, així com aspectes metodològics que ultrapassen el cas descrit i tenen un interès més general.

* Article basat en la lliçó que l'autor va impartir a l'aula magna de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona el 27 d'abril de 2011 amb motiu de la jubilació.

EL MARC

Els encavalcaments es troben molt majoritàriament a les grans unitats geològiques comprimides horitzontalment, les serralades de muntanyes. Serà útil donar unes pinzellades de les idees que hi havia sobre la formació de les serralades de muntanyes al tombant de segle XIX i la seva evolució durant la primera meitat del segle. I també algun apunt sobre les idees estratigràfiques d'aquells temps.

A finals del segle XVIII i principis del segle XIX, la geologia era dominada per la *Bergakademie* (Acadèmia de Mines) de Freiberg, on Abraham Gottlob Werner (1749-1817) va ensenyar des de 1775 fins a la seva mort (Guntau, 1984, p. 24; Carlé, 1988, pp. 17-40). Werner era bàsicament un mineralogista pràctic i va ser un gran professor. Va publicar poc, però el seu prestigi va atraure estudiants de tot arreu, també espanyols (Solé Sabarís, 1981). Les idees que professà van irradiar a tot el món, i es va formar per primer cop una comunitat geològica global (Europa, EUA i Mèxic) amb una "tradicció de recerca" i un mètode, el mètode geognòstic, comuns (Laudan, 1987).

A l'últim quart del segle XVIII, un mineral era tot objecte natural no vivent i la mineralogia comprenia l'estudi dels cristalls, minerals, roques i fòssils sense considerar-ne l'aspecte històric. Werner la subdividia en ortognòsia (identificació i classificació dels minerals) i geografia dels minerals (la seva distribució). A partir de 1780 va introduir un curs de geognòsia (la formació i història de les roques i els minerals).

La geognòsia, que ja es practicava abans de Werner, adquireix una gran entitat a partir del seu mestratge. Descriu l'arquitectura de l'edifici terrestre global i local en tres dimensions, descomponent-lo de manera jeràrquica des de les grans unitats, els *Gebirge*, els terrenys, fins a les unitats litostratigràfiques locals. Un *Gebirge* està constituït per *formacions* que anomenava amb un nom litològic i un de localitat; fins i tot parlava de *membres* d'una formació, anomenant-los de manera anàloga. També donava importància a les relacions de tall: els esquemes manuscrits de Werner que es conserven als arxius de la *Bergakademie* de Freiberg il·lustren discordances, filons fallats, etc. (Wagenbreth, 1968). Fixa l'ordre seqüencial de superposició de les formacions que intenta anar controlant i retrobant *de proche en proche*. Per fer això, Werner impulsà la cartografia geològica (Délamétherie, 1802; Ellenberger 1994, pp. 246-248). Aquesta manera de fer va ser important pel desenvolupament de la mineria, però va molt més enllà; va ser fonamental pel naixement de la geologia.

Werner explicava les serralades de muntanyes com a resultat del procés sedimentari que donaria lloc als diferents *Gebirge*, d'acord amb el sistema neptunista. Totes les roques, llevat de les muntanyes volcàniques contemporànies, s'haurien format com a sediments dipositats, en un determinat ordre litològic, en un oceà global, el nivell del qual hauria anat davallant al llarg de la història de la Terra, fet que hauria determinat la distribució dels diferents terrenys: les roques es trobarien, de baix cap a dalt, en l'ordre de sedimentació, de més antigues a més modernes; a més, les roques més antigues aflorarien a les parts més altes de les serralades i, de manera progressiva, les més joves s'allunyarien de les més antigues i de l'eix de les serralades. Així les muntanyes eren una estructura que resultava directament del procés sedimentari. Les ruptures i falles que observaven es consideraven

causades per l'assecamment dels sediments. En cap cas s'invocava cap força interna per explicar les serralades ni les falles.

Diferenciava, d'antic a modern, els següents *Gebirge* (Werner, 1787; Hölder, 1989, pp. 38-40):

1. *Urgebirge* (terrenys primigenis), que inclouen les roques intrusives, filonianes i roques metamòrfiques altament cristal·lines, gneis principalment;
2. *Übergangsgebirge* (terrenys de transició), roques metamòrfiques poc cristal·lines;
3. *Flözgebirge* (terrenys estratificats), que comprendrien les formacions que avui situem en el Paleozoic superior i el Mesozoic;
4. *Aufgeschwemmte Gebirge* (terrenys d'al·luvió), que comprendrien bona part de les unitats que avui es col·loquen en el Cenozoic i
5. *Vulkanische Gebirge* (terrenys volcànics) que els limita als aparells volcànics actuals.

Werner representa el pas de l'estudi de les característiques (composició i estructura, etc.) dels minerals i roques per ells mateixos a l'estudi de la unitat litostratigràfica (conjunt de roques) com a unitat amb significació temporal, històrica. És el pas de la mineralogia a la geologia (Laudan, 1987; Oldroyd, 1996, cap. 3).

A començaments del segle XIX les idees neptunistes flaquejaven i s'imposava la visió plutonista, que havia proposat Hutton (1785). Els progressos de la petrografia havien conduït a acceptar que roques com el basalt, el granit, la sienita i el pòfir, que havien estat considerades roques sedimentàries primigènies pels neptunistes, s'interpretessin com a resultat de la consolidació de foses que havien intruït en roques més antigues. En la seva embranzida, alguns plutonistes van arribar a atribuir un origen igni al guix i a les calcàries cristal·lines! D'acord amb les idees plutonistes, les roques d'origen igni podien intruir en qualsevol moment de la història geològica i, per tant, podien tenir qualsevol edat.

Leopold von Buch (1774-1853), deixeble de Werner, va acceptar l'origen igni del basalt després d'una visita a l'Alvèrnia el 1802 (Gohau, 1990, pp. 220-224; Laudan, 1987, p.183) i es convertí en un líder de les idees plutonistes. Tot i així no va publicar des d'aquesta òptica fins després de la mort del mestre. És el responsable de la teoria de la formació de muntanyes per aixecament magmàtic. Aquesta teoria (1822) s'inspira en la dels cràters d'aixecament del mateix von Buch i en les relacions que observa a la vall de Fassa, al Tirol meridional (avui Alto Adige, Itàlia), on observa com el pòfir augitífer travessa les fàcies verrucano del Permà i intrueix les dolomies triàsiques que estan dislocades (atribueix la dolomitització a l'acció de vapors magnèsics durant la intrusió!). Entén que l'aixecament de les serres de les Dolomites i la seva dislocació, que condueix a la individualització de serres i valls, són causades per la intrusió del pòfir (Wagenbreth, 1979; Hölder, 1989, pp. 76-77). Els plutonistes, doncs, proposen una força interna –les intrusions magmàtiques– per explicar l'aixecament de les muntanyes¹.

En conseqüència, a cada massís o serra se li buscava la roca magmàtica, la intrusió fosa de la qual podria

¹ J. Almera (1845-1919), entre 1882 i 1896, entenia que les muntanyes es formaven per aquest mecanisme. Pensava que l'aixecament del Puigmal i la deformació dels marbres i licorelles dels voltants de Núria havien estat causats per la intrusió d'un granitoid (els ortogneissos del nucli de l'antiforme del Freser).

justificar-ne l'aixecament. Poques vegades, però, es trobava la "roca aixecadora" i així es va arribar al concepte *ad hoc* de "l'aixecament sec" (*trockene Hebung*) quan no es trobava la roca aixecadora, tot i que es donava per entès que devia ser-hi en profunditat. Els treballs de camp van anar mostrant que moltes de les suposades roques aixecadores havien estat també aixecades passivament amb les roques encaixants, gràcies a l'acció de falles. Així, a mesura que augmentaven les observacions, cada vegada més massissos i serres entraven en la categoria d'aixecaments secs, amb la qual cosa la teoria de von Buch es va anar buidant de contingut. Pels volts de 1870 estava totalment superada.

L'any 1875, Eduard Suess (1831-1914) va publicar un petit llibre, *Die Entstehung der Alpen* (La formació dels Alps), que és una fita cabdal en la història del coneixement de les serralades (Greene, 1982). Durant el quart de segle anterior hi havia hagut una acumulació de dades important: mapes, descripcions de falles, encavalcaments, etc. A *Die Entstehung ...*, Suess fa una sinopsi i una crítica de les teories que s'havien publicat sobre la formació dels Alps i proposa, per aquesta serralada, una estructura asimètrica, amb grans desplaçaments cap al nord, provocats per forces orogèniques horitzontals. Les forces orogèniques horitzontals serien degudes a la contracció per refredament de la Terra, d'acord amb la idea suggerida per Élie de Beaumont (1829-30). Estén aquestes idees a tot el sistema alpí. Aquest treball de Suess és el germent de tota la seva obra futura que culminarà en la monumental síntesi *Das Antlitz de Erde* (La faç de la Terra).

Al mateix temps que evolucionaven les idees sobre la formació de muntanyes, s'anava assentant l'estratigrafia. A l'època neptunista, gràcies a la pràctica geognòstica, es va anar establint una litostratigrafia. L'any 1756 Lehman ja parla del Zechstein i del Rotliegendes, el 1760 Lehman i Füchsel utilitzen els termes de Buntsandstein, Muschelkalk i Keuper, i Arduino defineix geognòsticament el Terciari. Von Humbolt parla del Juràssic l'any 1795.

La utilització sistemàtica de fòssils per definir les unitats estratigràfiques va començar a la segona dècada del segle XIX. En els mapes dels voltants de París de Cuvier i Brogniart (1811) i d'Anglaterra i Gal·les de Smith (1815) s'hi representen, per primer cop, unitats biostratigràfiques

(Ellenberger, 1994, pp. 218-221). Entre aquest moment i la meitat del segle es van definir els sistemes del Fanerozoic: Cambrià (Sedwick, 1835), Silurià, que comprenia els actuals Ordovicià i Silurià (Murchinson, 1835), Devonià (Murchinson i Sedgwick, 1839), Carbonífer (Conybeare, 1822), Permià (Murchinson, 1841), Triàssic (von Alberti, 1834), Juràssic (Brogniart, 1829), Cretaci (Conybeare i Phillips, 1822), Terciari (Lyell, 1833), Quaternari (Morlet/Bronn, 1854); i també bona part de les sèries en què es divideixen aquests sistemes. A tall d'exemple: Buntsandstein, Muschelkalk i Keuper (von Buch, 1825), Malm, Dogger i Lias (Smith, 1815), Danià, Senonià, Turonià, Cenomanià, Gault i Neocomià (essencialment d'Orbigny, 1840/55), Pliocè, Miocè i Eocè (Lyell, 1833), Oligocè (Beyrich, 1854), Pleistocè (Lyell, 1839), etc. (Riba i Reguant, 1986; Wagenbreth, 1979).

A començaments del segle XIX, el coneixement estratigràfic era suficient per adonar-se de l'existència de disposicions estratigràfiques anòmales, primer pas necessari per reconèixer encavalcaments.

SUPERPOSICIÓ ESTRATIGRÀFICA ANÒMALA ALS ALPS DEL CANTÓ DE GLARUS

Al marge dret de la vall del Linth, al cantó de Glarus, Suïssa, les fàcies verrucano del Permià, pertanyents a la unitat helvètica, se sobreposen al flysch terciari i a calcàries mesozoiques d'unitats més externes a través de l'encavalcament helvètic. A la vall del Linth el contacte és espectacular: horitzontal, net, subratllat per una calcària milonítica de pocs decímetres de gruix, la Lochseitenkalk, de possible edat juràssica, que amb tota probabilitat representa el flanc invers laminat del mantell helvètic (Fig 1). A començaments del segle XIX, H.-C. Escher ja es va adonar d'aquesta superposició estratigràfica anòmal.

Hans-Conrad Escher von der Linth (1767-1823), va dirigir la regularització de la conca del Linth amb la construcció dels canals del Linth i de l'Escher, d'aquí el títol nobiliari de von der Linth (Fig.2). A més, entre 1785 i fins poc abans de la seva mort, va recórrer bona part dels Alps i va deixar nombroses aquarel·les que documenten els paisatges alpins i que es conserven als arxius de l'ETH de



Fig. 1. Encavalcament helvètic al cantó de Glarus des de Lochseite, prop de Schwanden. Les fàcies verrucano del Permià sobre calcàries mesozoiques mitjançant un encavalcament net, subhoritzontal.

Fig. 1. Helvetic thrust in the canton of Glarus from Lochseite, near Schwanden. The Verrucano facies from the Permian on the Mesozoic limestones through a subhorizontal, clear thrust.

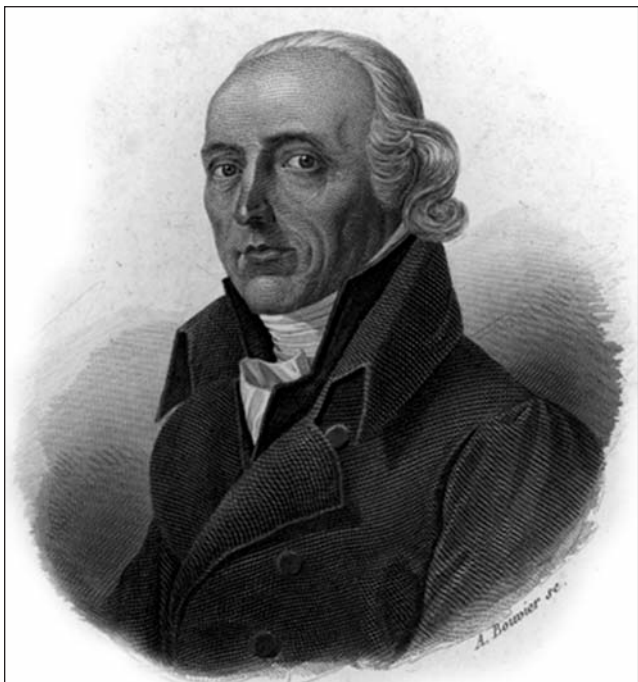


Fig. 2. Hans-Conrad Escher (1767-1823) cap a 1820, primer geognosta que va descriure les superposicions anòmales dels Alps de Glarus.

Fig. 2. Hans-Conrad Escher (1767-1823) about 1820, the first geognosist to describe the anomalous stratigraphical superpositions in the Alps of Glarus.

Zürich. En els seus viatges va fer nombroses observacions geognòstiques, la majoria vàlides encara avui, que va donar a conèixer en diverses revistes i publicacions (Staub, 1954).

A partir de 1802 publicà observacions sobre la posició de la *Grauwackeformation* (fàcies verrucano del Permian) en els Alps de Glarus. L'any 1807 escriu: "Aquesta Formació de les Grauvaques, almenys en diverses localitats observades a les muntanyes de la banda dreta de Glarus, es troben sobreposades directament sobre la Formació de les Calcàries dels Alps sense cap mena de transició ni capa interposada"². Aquesta és la primera descripció de la sobreposició de la seva *Grauwackeformation* (Permian) sobre l'*Alpenkalk* (Cretaci) més jove. Així, Hans-Conrad Escher fou el primer en adonar-se de la presència de disposicions estratigràfiques anòmales a gran escala als Alps de Glarus (Staub, 1954) i a publicar-ne la primera descripció. El 22 de juliol de 1812 va signar l'aquarel·la que mostra aquesta relació a Martinsloch (Fig.3).

El treball de H.-C. Escher va ser contestat per von Buch. Aquest, que el 1803 havia fet un viatge per aixecar un perfil dels Alps i sobre el que, l'any següent, havia presentat una comunicació ("*Über die Gebirgszüge der Alpen zwischen Glarus und Chiavenna*", "Sobre les cadenes alpines entre Glarus i Chiavenna"), va escriure l'any 1809: "No hi ha cap naturalesa extraordinària a Suïssa".

² "Diese Grauwacke-formation ist, wenigstens an mehreren beobachteten Stellen der rectseitigen Glarnergebirge, unmittelbar auf die Alpenkalksteinformation aufgesetzt, ohne dass eine Art von Übergang oder Zwischenlager statt hat". Aquesta citació i d'altres relacionades amb aquest tema estan extretes de Staub (1954). La tercera part d'aquesta obra repassa la història del coneixement dels Alps de Glarus i la seva influència en el desenvolupament de la geologia alpina moderna. Es tracta d'una publicació molt ben documentada.

"*Grauwacke gehört zur Übergangsformation und darf und kann nie auf Alpenkalk ruhen*"³. Així, doncs, von Buch, que aleshores era una autoritat i representava l'ortodòxia neptunista, opinava que la grauwaca, d'acord amb la idea neptunista no està autoritzada a –i per altra banda tampoc pot– descansar sobre les calcàries dels Alps. Amb aquesta dràstica opinió de l'autoritat geològica es va tancar la possibilitat que el primer encavalcament descrit a la història de la geologia i acceptat per la comunitat científica fos l'encavalcament helvètic. Al final, el primer encavalcament reconegut va ser l'encavalcament de Lusàcia⁴ (*Lausitzer Überschiebung*) l'any 1826: l'autoritarisme de von Buch havia retardat gairebé 20 anys la introducció del concepte d'encavalcament.

Pel que fa als Alps, es va haver d'esperar l'any 1841 perquè Arnold Escher (1807-1872), fill de Hans-Conrad, interpretés que les roques secundàries i nummulítiques havien estat recobertes per roques més antigues com a conseqüència d'un encavalcament colossal ("*einer colossalen Überschiebung*"). A partir d'aquí arrenca una interessant història dels encavalcaments, mantells de corriment, formació dels Alps, etc. on destaquen els treballs d'Albert Heim, Marcel Bertrand i Maurice Lugeon, aquest darrer considerat el fundador de la geologia alpina moderna (Greene, 1982). Aquesta, però, no és la història d'aquest treball.



Fig. 3. Superposició estratigràfica anòma, *Grauwackeformation* sobre *Alpenkalk*, a la vall del Linth. Aquarel·la dels Tschingelhörner i el Martinsloch signada per H.-C. Escher el 22 de juliol de 1812. Compareu amb la Fig. 1. Fig. 3. Anomalous stratigraphical superposition, *Grauwackeformation* over *Alpenkalk*, in the Linth valley. Watercolour painting of the Tschingelhörner and the Martinsloch by H.-C. Escher, 22 July of 1812. Compare with Fig. 1.

³ "La grauwaca pertany a la formació de transició i mai pot descansar sobre les calcàries dels Alps". Els dos verbs alemanys darf und kann els he traduït per un simple pot que no reflecteix la contundència de l'expressió de von Buch. Darf significa "pot", en el sentit d'estar autoritzat a, per l'autoritat, la llei, la norma, etc; kann també significa "pot", però en el sentit de "ser capaç de".

⁴ Lusàcia (en alemany Lausitz) és una regió entre els rius Elba i Oder. La part més propera al riu Elba és l'Alta Lusàcia, constituïda molt majoritàriament per terrenys granítics (granit de Lusàcia). El plutó de Lusàcia està constituït per una gran varietat de tipus petrogràfics (Berezowski *et al.*, 1964; Blüher *et al.*, 1964). En aquest treball es parlarà de granit o sienita, seguint la terminologia dels autors de l'època.

RECONeixEMENT, IDEES, POLÈMIQUES I ACTUACIONS ENTORN DE L'ENCAVALCAMENT DE LUSÀCIA

L'encavalcament de Lusàcia⁴ (*Lausitzer Überschiebung*) segueix en gran part el curs del riu Elba i té orientació NW-SE, paral·lela al límit de la plataforma russa amb l'Europa herciniana i alpina (Fig. 4a). A la vora del riu, s'hi assenta la ciutat de Dresden, en una estreta conca formada per roques mesozoiques que conforma el bloc SW enfonsat de l'encavalcament (Fig. 4b). Al NE, el bloc encavalcant està constituït majoritàriament pel granit de Lusàcia. Les roques mesozoiques del bloc encavalcant són bàsicament cretàcies i descansen sobre terrenys hercinians (granits i terrenys esquistosos de l'Erzgebirge i de l'Elbtalschiefergebirge) i sobre el Rotliegendes de la conca permiana de Freital. En el Cretaci hi ha, en esquema, dues fàcies: les calcàries margo argiloses, anomenades *Plänerkalk* o simplement *Pläner*, que afloren a la part NW, més enllà de Pirna, i els materials detrítics més grollers agrupats sota el nom de *Quadersandstein*⁵, que també inclouen conglomerats a la vora de la conca, cap al SW. Tot i que hi ha canvis laterals de fàcies entre les dues formacions, a grans trets, les Pläner se situen sobre el Quadersandstein.

L'encavalcament de les roques granítiques s'observa bé prop de Weinböhla (a l'extrem NW), on la sienita de Meissen descansa sobre les Pläner i a la vall del riu Polenz, prop de Hohnstein (al SE de Dresden), on el granit de Lusàcia encavalca el Quadersandstein. Aquí, entre el Quadersandstein i el granit afloren, pinçades en l'encavalcament, les calcàries de Hohnstein del Juràssic superior (Fig. 4c).

El relat que segueix es basa, si no s'indica una altra font, en l'extensa i ben documentada monografia que sobre la història del coneixement de l'encavalcament de Lusàcia va publicar Wagenbreth (1966-67).

L'ortodòxia neptunista: Primers reconeixements. Johann F.W. von Charpentier (1738-1805) va publicar l'any 1778 la *Mineralogische Geographie des chursächsischen Lande*, una bona descripció dels terrenys de Saxònia. En aquesta obra Charpentier completa cap amunt la sèrie estratigràfica coneguda, amb la definició del Plänerkalk i del Quadersandstein, i hi publica un mapa on distingeix vuit fàcies litològiques mitjançant diferents tintes planes (Ellenberger, 1994, p.257). No conté cap comentari sobre les relacions del granit i el Quadersandstein a Hohnstein, ni sobre les de la sienita i les Pläner a Weinböhla.

La primera notícia d'aquest contacte la va donar el que esdevindria inspector general de mines (*Berghauptmann*), Johan Carl Freiesleben (1774-1846). Visità la regió a començaments de 1791 i en el seu informe, inèdit, va escriure "just davant de Hohnstein comença el recobriment del granit pels gresos, els quals s'estenen des d'aquí, al llarg del Polenz, fins a l'Elba"⁶. Segons Wagenbreth (1966, p. 191) és evident que no va observar

directament el contacte. Va veure els gresos al costat del granit i va donar-ne, no podia ser d'altra manera, una interpretació coherent amb les idees neptunistes: el granit, una roca primigènia, a sota; els gresos, un terreny estratificat, al damunt.

Quinze anys més tard, a la primavera de 1805, Friedrich Freiesleben, germà de l'anterior, en un informe, també inèdit, sobre possibilitats dels afloraments de calcàries dels voltants de Weinböhla, encarregat per la direcció general de mines (*Oberbergamt*) de Freiberg, descriu la traça del contacte entre la sienita i les Pläner deixant ben manifestes les entrades d'aquest contacte a les valls que desaigüen a l'Elba. És a dir, descriu clarament les V apuntant aigües amunt que fa aquest contacte en creuar les valls. Això no obstant, escriu que "Sobre la sienita s'hi troben... terrenys estratificats calcaris de la formació que és coneguda amb el nom de Pläner"⁷. Qualsevol geòleg, avui, amb la traça descrita dibuixaria un contacte inclinat cap a la sienita i aquesta descansant sobre les Pläner. Això, però, és una disposició que no encaixa amb la idea neptunista.

Uns anys després, entre 1812 i 1815, el canador de mines Carl Christian Martini, per encàrrec de Werner, va fer estudis geològics relacionats amb la prospecció de lignits i calcàries a la vall de l'Elba, a la regió que ens interessa. En els seus informes va presentar el primer mapa (1812) del contacte entre el granit i el Quadersandstein als voltants de Hohnstein, que en travessar la vall del Polenz dibuixa una V aigües amunt. Va constatar que les calcàries de Hohnstein (que avui sabem que són juràssiques) estaven situades sobre el Quadersandstein i entre aquests gresos i el granit. Degut a la seva posició sobre el Quadersandstein les va interpretar com a Pläner (cretàcies). Malgrat la traça del contacte, diu que el Quadersandstein és "el terreny predominant, que a Hohnstein es disposa sobre del granit"⁸. L'any 1815, dibuixa el primer tall a la zona de Weinböhla en el que es veu la sienita sobre les Pläner. En el text explica que les Pläner d'aquesta zona són "més riques en contingut calcari que normalment, amb petrificacions demoluscs, són explotades i jauen en una cavitat excavada en la sienita, de manera que en una banda de la pedrera la sienita erosionada per sota sembla jaure formalment sobre les calcàries. Exploracions en profunditat han mostrat, però, que les calcàries s'atasquen sobre la sienita situada a sota"⁹. Per mantenir-se dins de l'ortodòxia neptunista va interpretar que les Pläner s'havien dipositat en una balma! excavada per l'erosió costanera. L'informe en què es descrivia la superposició anòmala de les sienites sobre les Pläner no va ser mai publicat (com succeïa aleshores amb la majoria d'informes) i, per tant, no va tenir cap repercussió sobre el curs de les recerques geològiques.

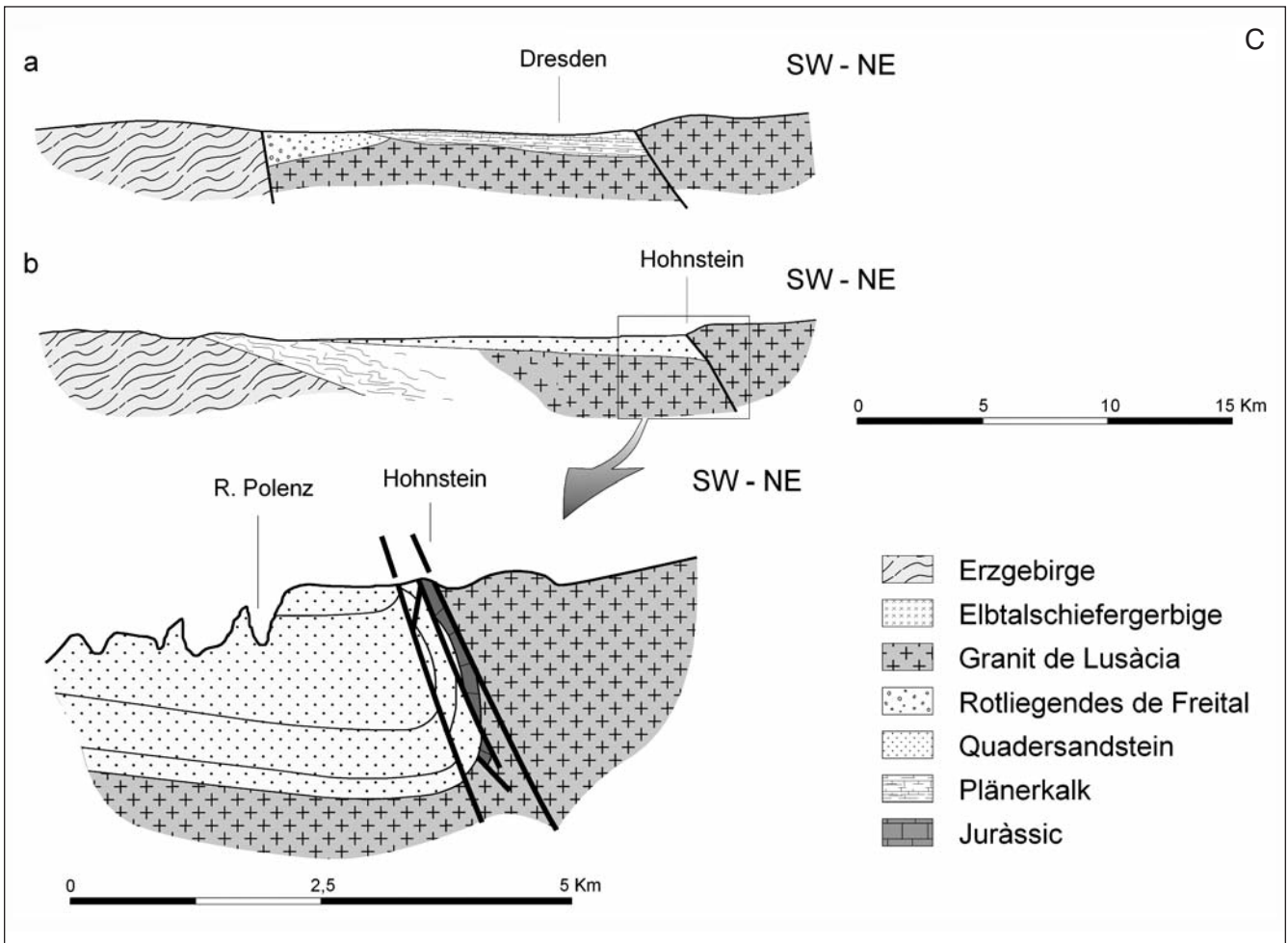
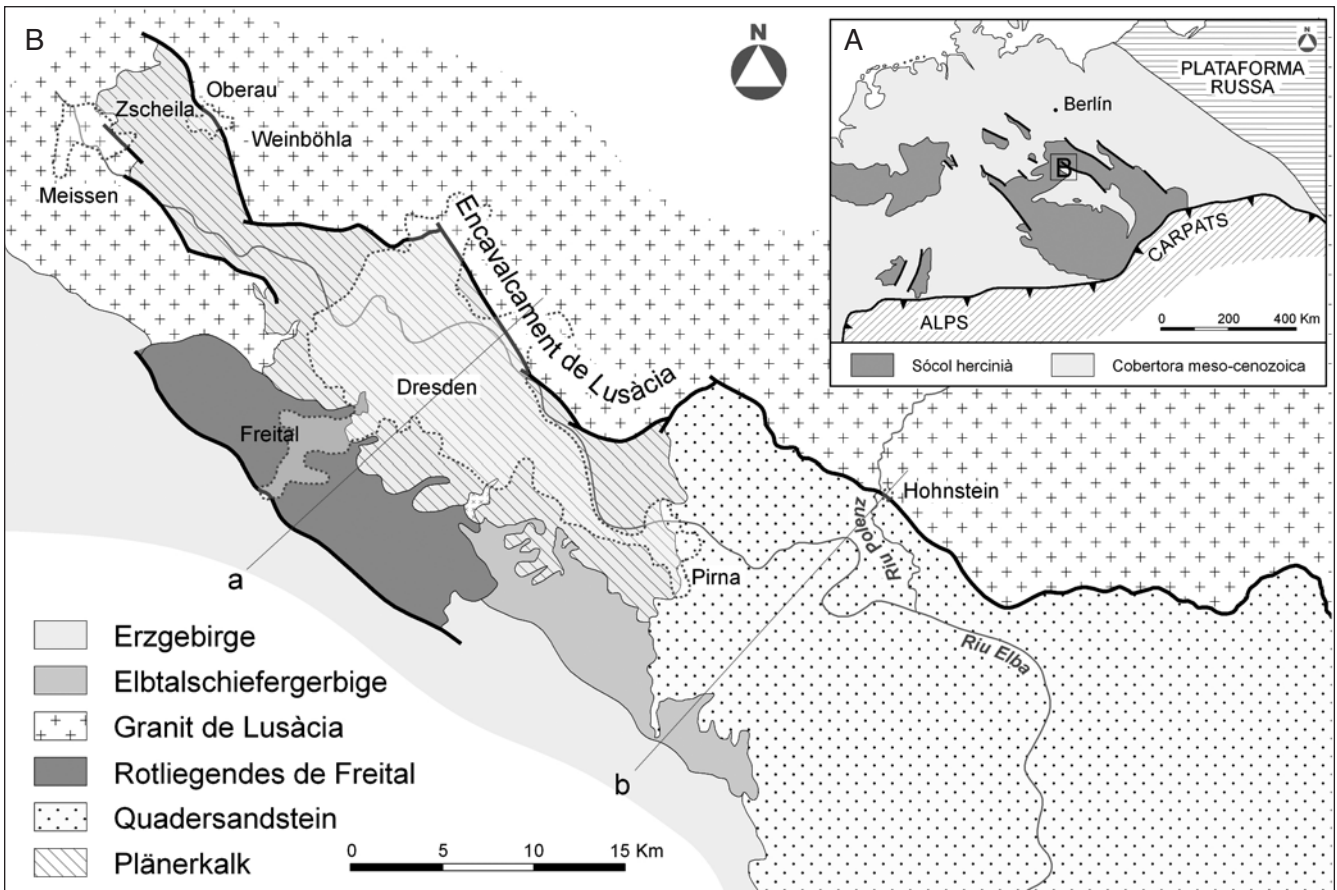
⁵ Pläner: Élie de Beaumont (1829-30) tradueix Plänerkalk per craie = creta; Quadersandstein: Quaderstein = carreu, pedra de tall, Quadersandstein seria "gresos de fer carreus" o "gresos de taller". Mantindrè els noms d'aquestes fàcies en l'original alemany: Plänerkalk o simplement Pläner i Quadersandstein.

⁶ "Gleich vor Hohnstein fängt sich nun die Bedeckung des Granits mit Sandstein an, welche sich von nun an an der Polenz fort bis an die Elbe zieht" (de Wagenbreth, 1966, p. 191).

⁷ "Auf dem Syenit findet man... Kalkflözgebirge von derjenigen Formation, die unter dem Namen der Pläner bekannt ist" (de Wagenbreth, 1966, p. 192).

⁸ "... vorwaltendste Gebirgsart, die sich bei Hohnstein auf dem zur Syenitformation gehörigen Granit lagert" (de Wagenbreth, 1966, p. 193).

⁹ "... reicher an Kalkgehalt als gewöhnlich, mit Muschelversteinerungen, wird abgebaut und liegt in einer im Syenit ausgewaschenen Vertiefung, so dass an einer Seite des Steinbruches der unterwaschene Syenit förmlich auf dem Kalkstein zu liegen scheint. Versuche in die Tiefe haben aber gezeigt, dass sich der Kalkstein auf den unten liegenden Syenit auskeilt" (de Wagenbreth, p. 194).



Christian S. Weiss reconeix l'encavalcament de Lusàcia (1826). Christian Samuel Weiss (1780-1856) es va doctorar el 1801 a la Universitat de Leipzig i tot seguit es va traslladar a Berlín, on va entrar en contacte amb Dietreich Ludwig Gustav Karsten (1768-1810), editor de la revista "*Karstens Archiv für Bergbau und Hüttenwesen*", i Leopold von Buch, tots dos deixebles de Werner. Per recomanació d'aquests va anar a estudiar mineralogia amb Werner l'any 1802. Durant la seva estada a Freiberg va preparar la traducció del *Traité de Mineralogie* de Haüy que acabava d'aparèixer, traducció que va ser publicada el 1804 amb l'afegit d'un article propi titulat "Visió dinàmica de la cristal·lització", en el que introduïa la naturalesa direccional de la cristal·lització. El 1805 va viatjar pel centre d'Europa i França on va fer dues estades (abril-juny 1807 i desembre 1807-agost 1808). El 1810 va ser cridat a ocupar la càtedra de Mineralogia i Geognòsia de la Friedrich-Wilhelm-Universität de Berlín que acabava de ser fundada per Frederic el Gran. Va ocupar la càtedra 46 anys, fins a la seva mort¹⁰ (Amorós, 1977; Carlé, 1988). Weiss (Fig. 5) és un dels pilars de l'escola cristal·logràfica alemanya i el seu prestigi es deu a les aportacions

¹⁰ Entre els seus alumnes cal esmentar l'escocès James Nicol, que va estudiar a la Universitat de Berlín el semestre d'hivern 1840/41. Va seguir els cursos de von Dechen (geòleg, deixeble de Weiss), Dove (meteoròleg), Ehrenberg (paleontòleg/zoolòleg), Schubert (químic) i Weiss (mineralogista). Amb aquests professors, es pot pensar, que el descobriment de l'encavalcament de Lusàcia hauria pogut tenir alguna influència en el desencadenament de la Highlands controversy. Es tracta del debat que van iniciar Roderick Murchinson (1792-1871), definidor del sistema Silurià, i James Nicol (1810-79) sobre l'estructura geològica dels Highlands escocesos. Mentre Murchinson sostenia que des dels Gneissos fonamentals de les illes Hèbrides i costa NW d'Escòcia hi havia una sèrie ascendent d'oest a est, Nicol creia que la sèrie estava trencada per una gran línia de fractura, que més endavant seria definida com el Moine thrust. Nicol va escriure, referint-se als gneissos que descansen sobre els Moine shists: "they might represent the western metamorphic rocks brought to the surface again by large-scale faulting and forced over the quartzite" (Nicol 1857, p.38). És la primera referència a la literatura d'una possible falla a la traça del Moine thrust. Diu Oldroyd (1990, p. 61): "... he simply could make no sense of the notion of gneiss lying conformably on top of largely unmetamorphosed sediments. He could only conclude, therefore, that the rock must have been emplaced by some kind of faulting process. Or perhaps Nicol, by his geological reading or by his Continental education, was somehow enabled to "see" the Scottish rocks in a different theoretical light than did Murchinson, whose theoretical views were really quite unsophisticated – being dependent largely on the principle of superposition, the Smithian principle of identifying strata by their fossil contents, and the Huttonian notion of unconformity". La resolució de la Highlands controversy no va venir fins ben entrat el s. XIX, amb la definició del Moine thrust. Els principals protagonistes en van ser Charles Callaway i Charles Lapworth i una mica després els geòlegs professionals del Servei Geològic, en particular John Horne i Benjamin Peach que, amb una excel·lent cartografia, van precisar l'estructura (Oldroyd 1990).

◀ Fig. 4. Geologia de la vall de l'Elba als voltants de Dresden. A) Situació de l'encavalcament de Lusàcia en el marc de la geologia de l'Europa central. B) Esquema geològic dels voltants de Dresden amb la localització dels tallis; esquema basat en Berezowski *et al.* (1964) i Blüher *et al.* (1964). C) Tallis de l'encavalcament de Lusàcia. El detall que mostra la complexitat de l'encavalcament de Lusàcia a Hohnstein on s'observen les calcàries juràssiques ha estat redibuixat a partir de Berezowski *et al.* (1964). Escala vertical exagerada x4.

Fig. 4. Geology of the Elbe valley near Dresden. A) Location of the Lausitz thrust in the frame of the geology of Central Europe. B) Geological sketch near Dresden with location of the cross-sections; sketch based on Berezowski *et al.* (1964) i Blüher *et al.* (1964). C) Cross-sections of the Lausitz thrust. The detailed section that shows the complexity of the Lausitz thrust at Hohnstein, where the Jurassic limestones crop out, has been redrawn from Berezowski *et al.* (1964). Vertical scale increased x4.

que va fer en aquest camp. Entre altres, va idear la notació paramètrica de les cares dels cristalls que permetia descriure-les de manera clara i universal, convençut que la nomenclatura d'Haüy era complicada i equívoca en molts casos. La importància de Weiss en els temps fundacionals de la cristal·lografia s'explica a Amorós (1977).

Entre les poques publicacions de Weiss sobre temes geognòstics destaquen les dedicades a la descripció de l'estructura que s'estén des del SE de Hohnstein fins més enllà de Weinböhla cap al NW, i la seva interpretació com a falla inversa, la primera descrita a la literatura geològica. Feia deu anys de la mort de Werner i quatre que von Buch havia proposat l'aixecament de muntanyes per l'empenta d'intrusions magmàtiques, quan Weiss va visitar la regió per primera vegada l'octubre de 1826. Va presentar els resultats de les seves observacions a Berlín a la reunió de l'Acadèmia de Ciències del 5 de febrer següent, en una conferència que va ser publicada a *Karstens Archiv für Bergbau und Hüttenwesen* (1827).

Weiss tenia clar que el granit havia estat empès sobre els gresos i les calcàries en estat sòlid. En referència a Weinböhla escriu "... no es troba aquí cap rastre d'un estat escalfat o fluid en el qual els terrenys antics s'haurien obert pas, trencant els recents."¹¹ Per Weiss el granit és sens dubte la roca més antiga. Tot i que entenia l'origen igni del granit, Weiss acceptava l'estratigrafia neptunista, fet que implicava que les intrusions granítiques havien tingut lloc únicament en els temps antics. Això era posat en dubte pels plutonistes que pensaven que les roques ígnies podien haver intruït en diferents moments de la història geològica, posteriorment a l'edat de les roques intruïdes.



Fig. 5. Christian Samuel Weiss (1780-1856), pilar de l'escola cristal·logràfica alemanya, que el 1827 va proposar, per primer cop, la idea d'encavalcament.

Fig. 5. Christian Samuel Weiss (1780-1856), pillar of German crystallography, who first proposed the idea of thrust in 1827.

¹¹ "... Gar keine Spuren von einem erhitzten oder gar flüssigen Zustandes, in welchem das ältere Gebirge das jüngere durchbrochen habe, zeigen sich hier." (Weiss, 1827, p. 7).

Per Weiss, no hi ha arguments per pensar en una injecció fluida del granit a través de les calcàries. El granit més aviat podia haver-se obert pas en aquesta escorça en estat sòlid. Tot parla en aquest sentit: cap intercreixement amb les roques trencades; cap ramificació del granit que partint del cos principal formi petits filons i venes a la roca "encaixant", tal com acostuma a passar amb els filonets de granit de les pissarres primigènies i de transició quan encaixen masses granítiques; igualment poques vitrificacions, concrecions i altres fenòmens, la formació dels quals acompanya la cobertura de terrenys plutònics¹².

A Hohnstein, Weiss va atribuir erròniament la calcària que hi ha entre els gresos i el granit a la "*Gryphitenkalk*" del Zechstein, però va interpretar de manera correcta les relacions entre les diferents unitats: Granit sobre calcàries antigues i aquestes sobre el Quadersandstein. Va escriure: "Per tant, em sembla que els terrenys primigenis en la seva ascensió des de la profunditat van arrossegar terrenys estratificats inferiors (aixafats en la seva ascensió) i els va enclavar entre ells i el Quadersandstein, sobre els quals, finalment, s'emplaça violentament tot el conjunt"¹³. També va observar les argiles negres i roges que separen les calcàries de Hohnstein del granit encavalcant (més endavant veurem que formen part de les roques de falla). Publicà un esquema d'aquestes relacions, que Wagenbreth (1966) considera el tall més antic de l'encavalcament de Lusàcia a Hohnstein.

L'octubre del 1828 visità altre cop Weinböhla amb el paisatgista L.H. Carus. Aquest va fer dos dibuixos de la pedrera que mostren dues visions de l'encavalcament, una frontal en la que es veu el contacte horitzontal que separa les Pläner, a sota, de la sienita, a sobre, i una visió lateral en la que es veu el cabussament de l'encavalcament (Fig. 6). Weiss va publicar aquestes figures el 1829, en un treball on també descriu fragments de sienita englobats a les argiles que separen les calcàries de la sienita que les recobreix. Interpreta que les argiles són el resultat de la fricció de la sienita en desplaçar-se sobre les calcàries, procés durant el qual hi queden englobats els fragments de sienita. Descriu i interpreta, doncs, una bretxa de falla (Weiss, 1829, p.157). Per acabar, Weiss aconsella dur a terme treballs miners allà on quedin dubtes sobre les relacions entre els diferents tipus de terrenys.

¹² El paràgraf on explica aquestes idees és: "... eben so wenig würde auf die Verhältnisse von Weinböhla das Bild der anderwärts sehr treffend bezeichneten Verhältnisse zwischen Granit und durchbrochenen Kalkstein passen, als ob jener sich in diesem, wie durch flüssige Injektion ramifizierte; er kann nur im erstarrtem, festem Zustande durch diese neue Gebirgsrinde durchgedrängt worden sein; dies ist es, wofür alle Erscheinungen hier sprechen; keine Verwachsungen mit dem durchbrochenen Gesteine; keine Ramifikation des Granits von der Hauptlagerstätte aus in kleinen Gängen, Continuum mit der grossen Masse bildend, ins Nebengestein setzend, wie etwa die Granitgänge in dem Ur- und Übergangsschiefer auf der Grenze der beiderlei Hauptlagerstätten zu tun pflegen. Ebenso wenig Verglasungen, Sinterungen oder andere begleitende Phänomene eines in seiner Bildung selbst die Decke durchbrechenden vulkanischen Gebirges oder dergleichen" (Weiss, 1827, pp. 7 i 8).

¹³ "Es scheint mir also, dass hier das Urgebirge, bei seinem Hervordringen aus der Tiefe, untere Flötzgebirgsschichten (auch wohl wiederum im Heraufdringen zermalt) mit sich gebracht und zwischen sich und den Quadersandgestein eingeklemmt habe, auf welchen zuletzt die ganze reihe gewaltsam sich auflagt" (Weiss, 1827, p. 12).

Weiss és conscient, i així ho fa constar, que les posicions relatives de les diferents unitats litològiques observades no encaixen en el sistema neptunista. De l'estructura descrita, en valora més el component vertical que no pas l'horitzontal i pensa que per a la comprensió de l'aixecament de muntanyes els fenòmens que proposa són tan importants com els imaginats per von Buch a les Dolomites. Aquesta valoració quedà confirmada pels nombrosos geòlegs que posteriorment van visitar els afloraments i pels debats que van tenir lloc després que Weiss els donés a conèixer.

Neptunistes vs. Plutonistes (1827-1836). Tan bon punt Weiss va fer pública la disposició dels terrenys a Weinböhla i Hohnstein, les opinions sobre el seu significat es van orientar en dues direccions, d'una banda la interpretació neptunista, de l'altra, les interpretacions plutonistes. Fidels a interpretar d'acord amb els models respectius, i embrancats en el debat, els geòlegs van deixar arraconades les idees de Weiss, que no encaixaven amb cap de les dues visions.

a) *El model neptunista de Carl A. Kühn (1829)*. Carl Amandus Kühn (1783-1848), l'últim neptunià, va ser alumne de Werner l'any 1800 (Carlé, 1988). El 1816 va ser nomenat professor ajudant de Werner i després de la mort d'aquest va ser nomenat, el 1818, professor d'"art de la mineria i geognòsia" a la Bergakademie de Freiberg. Fins al 1834 va dirigir els treballs del mapa geològic de Saxònia, feina que van continuar C.F. Naumann i B. Cotta. Kühn va publicar el *Handbuch der Geognosie*, el primer volum del qual va aparèixer el 1833. És l'últim manual neptunista, publicat quan aquesta teoria estava ja superada.

Sota la direcció de Kühn, de 1828 a 1834, es van fer informes sobre lignits i calcàries a la regió i, amb aquest motiu, tal com havia suggerit Weiss, es van obrir galeries de prospecció i es van fer excavacions, que van confirmar la disposició dels materials descrita per Weiss. Kühn

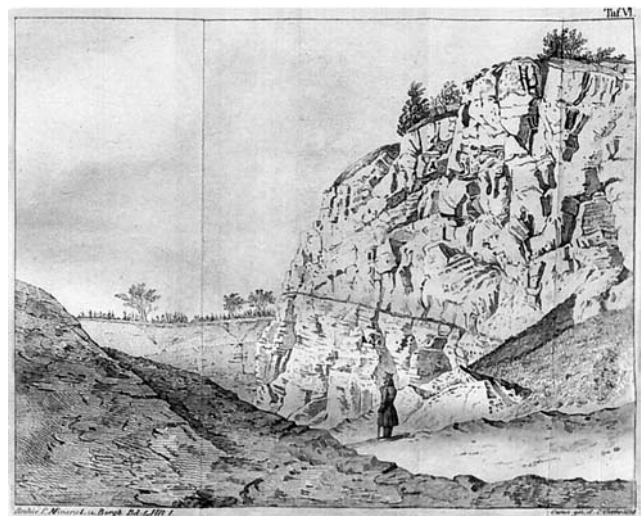


Fig. 6. La pedrera de Weinböhla. En el gravat de L. H. Carus, publicat per Weiss (1829), s'observa el contacte net i pla, cabussant cap a la dreta de la imatge (NE), entre la sienita (a sobre) i les Pläner (a sota). Fig. 6. The Weinböhla quarry. The print by L.H. Carus, which was published by Weiss (1829), shows the clear and flat contact between the sienite (top) and the Pläner (bottom), dipping to the right of the picture (NE).

documenta com el cabussament del contacte del granit sobre el Quadersandstein a Hohnstein varia des d'uns 20° cap al NE fins a quasi vertical a les parts més fondes observades. També descriu el sistema de diàclasis del granit encavalcant. Kühn va publicar la seva interpretació neptunista el 1833, en el seu manual de geognòsia, però les seves idees ja es discutien a la literatura l'any 1829. Aquesta és doncs la data que s'ha de donar a aquesta interpretació neptunista, que Kühn va formular de la manera següent (Fig. 7): "l'autor és de l'opinió que, abans de la deposició del Quadersandstein i de les Pläner, les aigües, possiblement en forma d'un corrent en un estret marí, s'haurien obert pas a través de la vall actual de l'Elba i haurien pogut erosionar i buidar part de la paret de granit i sienita entre Hermsdorf, Hohenstein, Pillnitz, Weinböhla, etc. Sota la massa sobresortint es van sedimentar el Quadersandstein i les Pläner. La gran capacitat de compactació del Quadersandstein i les Pläner va fer que aquestes roques s'anessin assentant. El granit i la sienita es van anar enfonsant a sobre d'elles de manera paulatina. Aquest enfonsament va ser afavorit per la variada diaclasació amb esquerdes paral·leles al límit del granit....."¹⁴, ¹⁵ B. Cotta als anys 1829 i 30 acceptava una interpretació d'aquest tipus. Més endavant es reprendrà aquest autor.

b) *La primera interpretació plutonista: Léonce Élie de Beaumont (1829).* Léonce Élie de Beaumont (1798-1874) va dominar la geologia francesa durant quasi mig segle. Va ser professor a l'escola de Mines de Paris, on va començar a impartir classes el 1827. L'any 1829 va proposar la idea de la contracció del globus deguda al seu refredament i causa dels aixecaments repetitius dels sistemes de muntanyes, provocats per reequilibraments episòdics (Ellenberger, 1994, p. 314; Green, 1982, p. 89). Entén la formació de serralades com a processos catàstròfics de curta durada separats per llargs períodes tranquils. Descriu quatre grans sistemes de serralades de

¹⁴ "Der Verfasser hat nun die Ansicht, dass das Gewässer, welches sich vor dem Ansatz des Quader-Sandsteins un Pläners, vielleicht als Strömung in einer Meereseenge, durch das jetzige Elbetal hindurch drängte, den Granit- und Syenit-Damm zwischen Hermsdorf, Hohenstein, Pillnitz, Weinböhla, u.s.w.... auf lange Distanzen tief unterwaschen haben möge. An die überhängende Masse lagerte sich der Quader-Sandstein un Pläner hinan. Vermöge der grossen, weiter unten nachzuweisenden Kontraktionsfähigkeit des Quader-Sandsteins und Pläners setzte sich aber deren Masse nach und nach sehr zusammen. Granit und Syenit senkten sich hierauf allmählich nach, indem... mannigfache Zerklüftung, an mehreren Stellen in Parallelismus mit der überhängenden Gesteinswand ausgebildete Gangspalten, sowie noch zunehmende Konsolidation des Granites u.s.w. dieses Nachsinken begünstigten" (Esmentat per Wagenbreth, 1966 de Kühn, C.A. 1833. Handbuch der Geognosie, 1 Band: 739-740. Craz und Gerlach, Freiberg).

¹⁵ Cent anys més tard encara es feien aquesta mena d'interpretacions. Joly (1927) va publicar: "... Aussi remarque-t-on souvent des anomalies apparentes qui semblent, de prime abord, renverser les idées géologiques admises. Par exemple, près de l'église de Daroca, on voit, en un point de la falaise, les assises cambriennes reposer sur des brèches ou conglomérats tertiaires. Cependant, il n'y a eu, ni charriage, ni faille oblique. Cette anomalie apparente doit s'expliquer simplement par l'érosion qui, attaquant plus rapidement les schistes argileux cambriens que les calcaires compacts du même âge, a excavé ceux-ci, les laissant un moment en porte-à-faux, tandis que les courants fluviaux tertiaires déposaient, au pied de ces falaises cambriennes, des brèches et des conglomérats qu'ils accumulaient bientôt jusqu'à la hauteur des assises cambriennes et au delà. " tot referint-se als encavalcaments que s'observen a Daroca, descrits com a tals per Julivert (1954).

muntanyes que correlaciona amb els quatre sistemes de von Buch (1824). Els data, per primer cop, mitjançant les discordances i conclou, igual que von Buch, però a partir d'un criteri independent, que les serralades de la mateixa edat tenen la mateixa direcció. Per altra banda associa les revolucions que ocasionen les formacions de les serralades amb les revolucions faunístiques de Cuvier (Green, 1982, pp. 69-92).

Élie de Beaumont (1829-30) reinterpreta les dades de Weiss d'acord amb les idees plutonistes (Fig. 8). Dedicava tres pàgines de l'obra "*Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe...*" a l'estructura de Lusàcia, amb traducció literal de part de les descripcions de Weiss en notes a peu de pàgina. Escriu "... *aux environs de Dresde, le côté droit et septentrional de la vallée de l'Elbe est bordé par une suite de montagnes de granite et de syénite, qui s'étendent de Hinterhermesdorf, sur la frontière de Bohême, à Weinböhla, à une lieue et demie à l'est de Meissen, en élevant brusquement au-dessus de la plaine de quadersandstein (grès vert) et de planerkalk (craie). Lorsqu'on examine de près le contact de ces roches primitives avec les couches qui représentent de grès vert et la craie, on voit qu'en beaucoup de points elles les coupent et même les recouvrent presque horizontalement. Il est donc de toute évidence que ces granites et syénites se sont élevés à la surface du sol depuis le dépôt du grès vert et de la craie...*" (Élie de Beaumont, 1929-30, pp. 308-309). No em queda clar si entén que l'emplaçament va ser en forma sòlida, com pensava Weiss, o en forma fosa. El terme utilitzat (*se sont élevés*) és ambigu. De tota manera els coetanis tenien clar que Élie de Beaumont pensava que "el granit i la sienita de la vall de l'Elba havien ascendit òbviament en forma

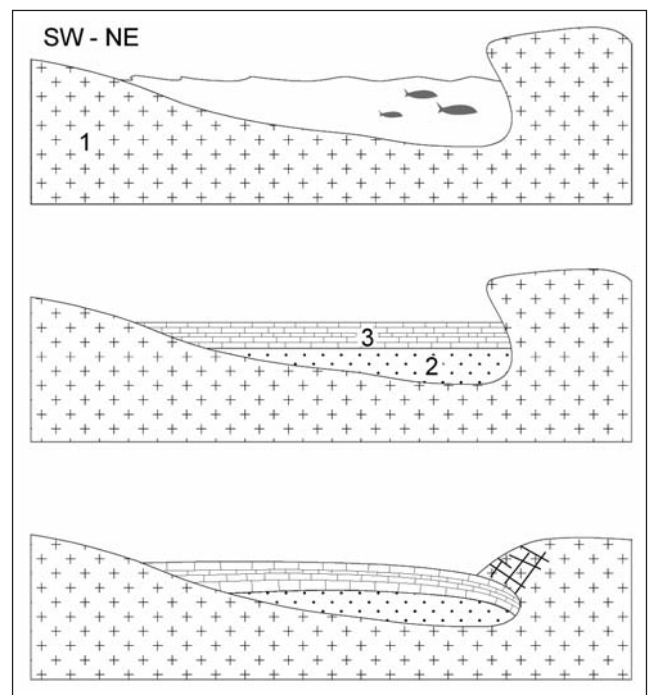


Fig. 7. Interpretació neptunista de la geologia de la vall de l'Elba segons les idees de Kühn (1829). 1) Granit primigeni; 2) Quadersandstein; 3) Plänerkalk (vegeu text). Esquema de Wagenbreth (1966), modificat.

Fig. 7. Neptunist interpretation of the Elbe valley geology according to Kühn (1829). 1) Primordial granite; 2) Quadersandstein; 3) Plänerkalk (see text). Sketch taken from Wagenbreth (1966), modified.

ígnio-fluida”¹⁶ posteriorment al Quadersandstein i les Pläner, mentre que els granits de la riba esquerra de l’Elba serien més antics i constituïrien el substrat dels terrenys cretaci. El caràcter sedimentari del contacte de les capes cretácies sobre els granits a la riba esquerra de l’Elba estava ben establert i no era discutible. Amb la interpretació plutonista d’Élie de Beaumont s’arriba a la conclusió, absurda avui en dia, d’edats diferents pels mateixos granits segons sigui la riba de l’Elba.

c) *Una interpretació plutonista radical: Carl F. Naumann (1830).* Carl Friedrich Naumann (1797-1873) va ser encara deixeble de Werner l’any 1816 (Carlé, 1988). Va esdevenir un decidit plutonista. Després dels estudis va viatjar per Noruega, va doctorar-se a Jena (1823), el 1824 va ser nomenat professor no ordinari a Leipzig i el 1826 professor de cristal·lografia a la Bergakademie de Freiberg, on el 1835 va succeir a Kühn, com a professor de geognòsia. A partir del 1833 es va ocupar del mapa geològic de Saxònia. El 1842 es va traslladar a Leipzig, també com a professor de geognòsia (Wagenbreth, 1966).

L’any 1830 Naumann va visitar el contacte granit-gresos als voltants de Dresden i en una comunicació als *Annalen der Physik und Chemie* de Poggendorff (1830) va descriure les seves observacions i exposà la seva interpretació (Wagenbreth, 1966; Cotta, 1838). Les observacions de Naumann a Weinböhla es corresponen

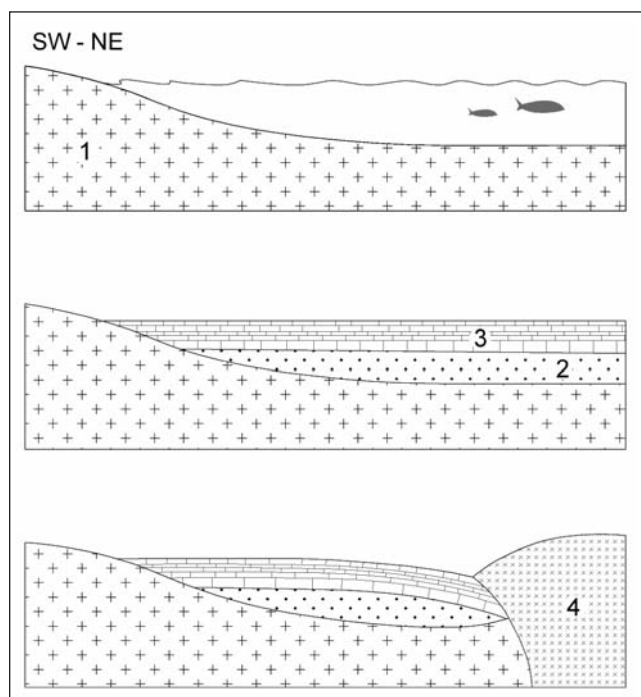


Fig. 8. La primera interpretació plutonista de l’estructura de la vall de l’Elba als voltants de Dresden, proposada per Élie de Beaumont el 1829. 1) Granit primigeni; 2) Quadersandstein; 3) Plänerkalk; 4) Granit intrusiu (vegeu text). Esquema de Wagenbreth (1966), modificat.

Fig. 8. The first plutonist interpretation of the Elbe valley structure near Dresden proposed by Élie de Beaumont in 1829. 1) Primordial granite; 2) Quadersandstein; 3) Plänerkalk; 4) Intrusive granite (see text). Sketch taken from Wagenbreth (1966), modified.

essencialment amb les de Weiss. Va fer noves observacions als voltants de Zscheila, prop de Meissen, on “les capes de les Pläner descansen sobre el granit”. Es tracta del contacte estratigràfic dels dipòsits cretaci sobre el granit. En el substrat granític, localment es troben clots d’erosió reblerts per Cretaci fossilífer. Naumann descriu, però, aquests rebliments com a “fragments irregulars i vetes d’unes calcàries dures, plenes de grans verds i amb els fòssils de les Pläner, es troben aquí i allà englobats en el granit...”. També afirmava haver observat ramificacions del granit dins de les Pläner. Exposà la seva interpretació en els termes següents: “Aquest [els enclaus de Pläner en el granit] i d’altres fenòmens semblen no ser pas de fet desfavorables al punt de vista que el granit de la vall de l’Elba, durant la seva ascensió després de la formació dels gresos verds i del Cretaci, es trobés en un estat viscos, atès que sense una capacitat de cèssió de la seva massa, pròpia d’aquest estat, no es podrien explicar ni la seva sobreposició a les calcàries i als gresos a Weinböhla, Oberau i Hohenstein, ni la distribució envitricollada de substància granítica amb fragments i vetes de calcàries”^{17, 18} (Fig. 9). A partir d’aquest moment queden enfrontades les visions de Kühn i Naumann, mentre que la interpretació de Weiss passa a un segon terme.

d) *Entremig, una polèmica estratigràfica: l’edat de les calcàries de Hohnstein.* Un tema interessant és la discussió de l’edat de les calcàries de Hohnstein, que Weiss havia atribuït al Zechstein i Kühn havia donat com a Pläner (“molt riques en ammonits, això sí”), ja que se situen per sobre dels gresos que, no en té cap dubte, corresponen al Quadersandstein. Per tant, pensava que les calcàries de Hohnstein eren cretácies, opinió amb la que estava d’acord el seu contrincant Naumann.

El comte de Münster (Georg Graf zu Münster, 1776-1844), reputat naturalista i paleontòleg de Bayreuth, a qui es deu la col·lecció que va donar origen al Museu de Paleontologia de Munic, va publicar (1833) que els fòssils de les calcàries de Hohnstein corresponien únicament al

¹⁷ “Unregelmässige Partien und Adern eines harten Kalksteins voll grüner Körner und mit der Versteinerungen des Pläners finden sich hier und da in den festen granit eingeknetet...” “Diese and andere Phänomene scheinen in der Tat der Ansicht nicht ungünstig, dass der Granit des Elbtales nach der Bildung des Grünsandes und der Kreide emporgestiegen und sich noch während seines Emporsteigens in einem zähflüssigen Zustande befand, will sich ohne eine solche Nachgiebigkeit seiner Masse weder die Überlagerung des Kalkes und Sandsteins bei Weinböhla, Oberau und Hohenstein, noch die Verflechtungen der Granitsubstanz mit Adern und Partien von Kalkstein erklären lassen” (de Wagenbreth, 1966, p. 213).

¹⁸ Lorenzo Gómez Pardo (1801-1847) va ser becat a Freiberg, des del 1829 fins al 1834 i Joaquín Ezquerria del Bayo (1793-1859), Rafael Amar de la Torre (1802-1874) i Felipe Bauzá (1802-1874) de 1830 a 1834 (Ezquerria del Bayo, 1847; Vitar, 2007 i 2009, Wagenbreth, 1966). Els anys de l’estada d’aquests enginyers a Freiberg coincideixen amb la polèmica sobre l’encavalcament de Lusàcia. Van agafar el final de l’ensenyament del neptunista Kühn, però cal tenir en compte que el plutonista Naumann, era ja a Freiberg des del 1826 com a professor de cristal·lografia i que el 1830 ja havia pres partit en el camp plutonista en la disputa sobre les relacions geomètriques i edats de les formacions dels voltants de Dresden i la seva interpretació. Almenys Gómez Pardo i Ezquerria del Bayo van visitar i fer pràctiques amb Naumann en aquesta regió. Cal pensar que Naumann incidí de manera important en la formació geològica d’aquests enginyers. De tota manera, al llegat Gómez Pardo, a l’escola de Mines de Madrid, hi ha un manuscrit titulat *Apuntes de Metalurgia y Geognosia*, que seria interessant estudiar per saber la formació que havien rebut a Freiberg.

¹⁶ Er denkt sich “den Granit und Syenit des Elbtales übrigens als in feurig-flüssiger Gestalt emporgestiegen” (Kühn, 1833, p. 745, citat a Wagenbreth, 1966).

Juràssic, mentre que els fòssils de les calcàries de Weinböhl, les Pläner, pertanyien al Cretaci. Més endavant, von Buch es va manifestar en el mateix sentit. Münster, d'acord amb l'edat juràssica de les calcàries de Hohnstein, interpreta els gresos infrajacs com a gresos liàsics, cosa que aleshores es podia sostenir perquè no s'hi havien trobat fòssils significatius.

Tots, Kühn (neptunista), Naumann (plutonista) i Münster (paleontòleg), suposaven una successió estratigràfica normal. No els cabia al cap que terrenys antics poguessin descansar sobre altres de més recents, encara no tenien el concepte d'encavalcament. Les interpretacions de Weiss, arraconades, esperaven el seu moment.

e) El manual de Kühn (1833). El 1833 es va publicar el primer volum del manual de geognòsia de Kühn. Apart d'exposar-hi la seva interpretació neptunista, Kühn aprofita per criticar les altres hipòtesis, en particular les plutonistes, encara que també criticava la de Weiss. Dues notes sobre les crítiques als models plutonistes:

Algunes crítiques s'autostenen en el model neptunista de la formació de muntanyes. Contra la idea d'Élie de Beaumont argumenta en primera línia que "la sienita i el granit, d'una banda i l'altra de l'Elba, almenys a les proximitats del riu, s'aixequen a la mateixa altura" (de Wagenbreth, p. 217). És un argument incompreensible avui, però que s'entén en el marc de les idees neptunis-

tes: el granit a ambdós costats de l'Elba havia estat sedimentat en el mateix mar, al mateix temps i també a la mateixa altitud.

Altres crítiques es basen en bones observacions de terreny, que mostren un gran coneixement de la geologia de la regió, i són encara vàlides avui. Així, per exemple, rebutja l'origen plutònic del substrat granític dels terrenys cretacs de la vall de l'Elba explicant els envitricollaments entre el granit i les Pläner de Naumann com a rebliments d'esquerdes del substrat per sediments cretacs.

En la seva crítica a les idees plutonistes, Kühn va més enllà, i fins i tot discuteix la interpretació que havia fet von Buch de les calcàries de la vall de Fassa (Tirol meridional) i la seva relació amb els pòrfirs augítifers, on von Buch havia ideat la teoria de la formació de muntanyes per aixecament magmàtic. Kühn planteja la possibilitat que les calcàries s'haguessin dipositat adossades a relleus formats pels pòrfirs.

f) Una interpretació plutonista més elaborada: Karl C. von Leonhard (1834). La tardor de 1833, Karl Cäsar von Leonhard (1779-1862), professor de mineralogia i geologia de Heidelberg i editor del *Neuen Jahrbuch für Mineralogie*, va recórrer la regió, havent passat prèviament a visitar les col·leccions de fòssils de Münster. Entre els guies que va tenir, cal destacar Cotta, aleshores de 25 anys, que dos anys abans havia estudiat i s'havia doctorat

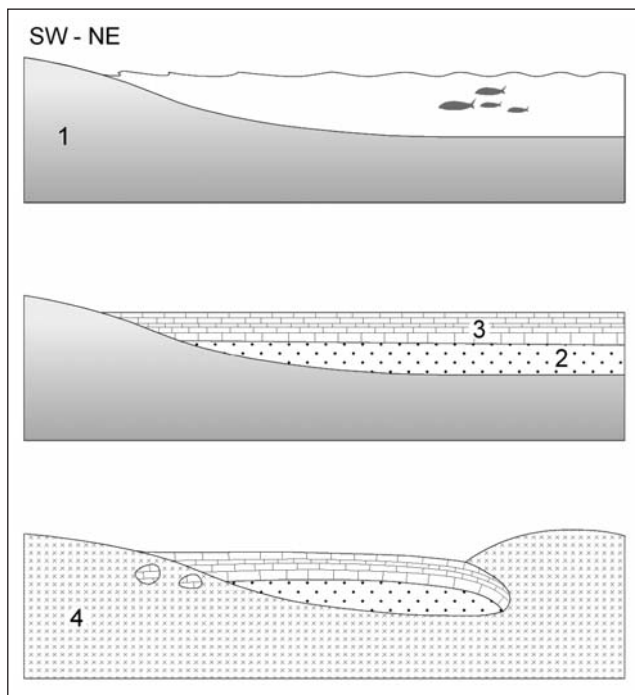


Fig. 9. Interpretació plutonista de Naumann (1830). Cal destacar que en la idea de Naumann el contacte entre les roques sedimentàries mesozoiques i els terrenys granítics és, a totes dues ribes de l'Elba, un contacte intrusiu. No s'hauria preservat cap resta del substrat originari de les roques cretàcies. 1) Sòcol no preservat; 2) Quadersandstein; 3) Plänerkalk; 4) Granit intrusiu (vegeu text). Esquema de Wagenbreth (1966), modificat.

Fig. 9. Plutonist interpretation by Naumann (1830). Note that, according to Naumann, the contact between the Mesozoic sedimentary rocks and the granites correspond to an intrusive contact on both banks of the Elbe. No remnants of the original basement of the Cretaceous rocks would have been preserved. 1) Not preserved basement; 2) Quadersandstein; 3) Plänerkalk; 4) Intrusive granite (see text). Sketch taken from Wagenbreth (1966), modified.

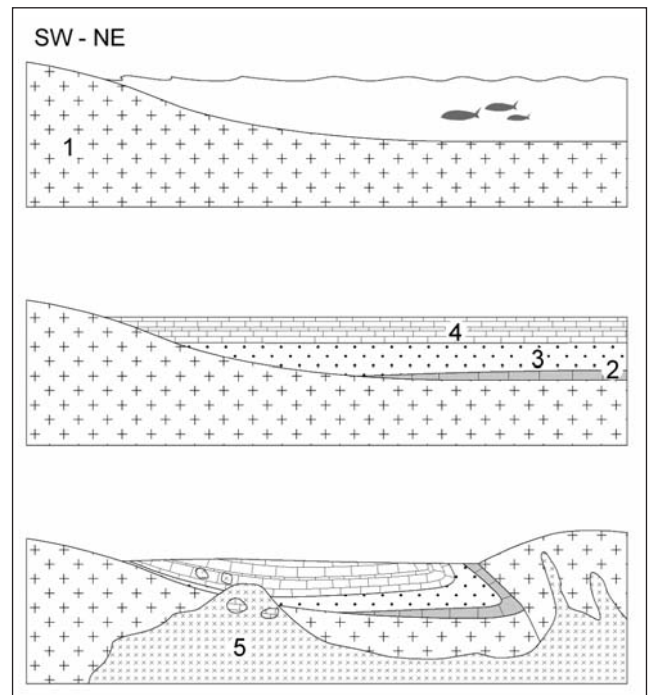


Fig. 10. Interpretació plutonista de von Leonhard (1833-34). Accepta ja la inversió estratigràfica, les calcàries juràssiques de Hohnstein sobre el Quadersandstein (Cretaci), i l'emplaçament "sec" de la sienita. Tot causat, però, per l'emplaçament igni d'un granit. 1) Sienita antiga; 2) Calcàries juràssiques; 3) Quadersandstein; 4) Plänerkalk; 5) Granit intrusiu post-Pläner (vegeu text). Esquema de Wagenbreth (1966), modificat.

Fig. 10. Plutonist interpretation by von Leonhard (1833-34). This author already accepts stratigraphical inversion, the Jurassic Hohnstein limestones on top of the Cretaceous Quadersandstein, and the "dry" emplacement of the syenite. Nevertheless, these phenomena would have been caused by the intrusive emplacement of a granite 1) Old syenite; 2) Jurassic limestones; 3) Quadersandstein; 4) Plänerkalk; 5) Post-Pläner intrusive granite (see text). Sketch taken from Wagenbreth (1966), modified.

a Heidelberg. Cotta tindrà un paper fonamental en l'establiment definitiu de l'encavalcament de Lusàcia¹⁹.

Von Leonhard va adoptar una posició plutonista com Élie de Beaumont i Naumann. En la hipòtesi de von Leonhard, vista d'avui estant, hi ha observacions i interpretacions correctes i d'altres errònies. Degut, però, al bon coneixement del terreny, que va utilitzar, en particular, en la interpretació del contacte del granit sobre els gresos, dóna una visió més elaborada del conjunt de l'estructura. Simplificant les explicacions i cites de Wagenbreth (1966, pp. 218-226), les principals conclusions d'aquest autor són: 1) Als voltants de Dresden i Meissen, els membres del Cretaci –el Quadersandstein i les calcàries Pläner– són més moderns que la sienita, ja que es troben dipositats sobre aquestes roques plutòniques. 2) Per contra, el granit, que prop de Zscheila engloba fragments de calcàries Pläner i forma dics a la sienita i que és la causa de l'aixecament de les calcàries juràssiques sobre el Quadersandstein a Hohnstein, és més modern, no només que la sienita, sinó també que el Quadersandstein i les calcàries Pläner. 3) Aquest granit és el que també va empènyer la sienita sobre les calcàries Pläner a Weinböhla i sobre les calcàries juràssiques a Hohnstein, i 4) Aquest granit va intruir en forma de “bombes” a les calcàries Pläner, per formar amb elles un conglomerat amb còdols granítics d'origen intrusiu (Fig. 10). Aquesta curiosa idea *ad hoc* es deu a la necessitat, d'acord amb les idees plutonistes, d'una roca ígnia postcretàcia, com a motor de l'emplaçament “sec” (mitjançant falla) de la sienita sobre les Pläner a Weinböhla i sobre el Quadersandstein i les calcàries juràssiques a Hohnstein; si interpretés els conglomerats de còdols granítics tal com ja aleshores s'interpretaven els conglomerats, el granit esdevindria també pre-cretaci, com la sienita de Meissen.

g) *L'última proposta plutonista: Thaddäus E. Gumprecht (1835)*. Thaddäus Eduard Gumprecht (1801-1856), tractant de vins a Posen i amateur de la geologia que posteriorment va arribar a ser *Privatdozent* a la Universitat de Berlin, va dur a terme força treball de camp i va presentar una interpretació en la que agafa elements dels seus predecessors i proposa una successió complexa de sedimentacions-erosions-emplaçament d'intrusius. Tot i així, no va aportar idees noves que col·laboressin al progrés del coneixement de l'encavalcament de Lusàcia (Wagenbreth, 1966, pp. 226-240)

ELS TREBALLS DE BERNHARD COTTA: UN PROJECTE DE RECERCA FINANÇAT PER SUBSCRIPCIÓ ENTRE COL·LEGUES (1835-1838)

Bernhard Cotta (1808-1879), (Fig. 11), va estudiar de 1827 a 1831 a Freiberg amb Kühn i posteriorment amb von Leonhard a Heidelberg on es va doctorar. A partir de 1842 ensenyà geologia a Freiberg. Cotta va rebre l'encà-

rrec de participar en la confecció del mapa geològic de Saxònia com a col·laborador de Naumann. A Cotta li correspongueren les regions de Dresden i Lusàcia. Era, per tant, la persona oficialment responsable d'abordar els afloraments polèmics.

De Cotta, se'n conserva el reportatge d'un itinerari d'estudiant per la regió (1829) en què, tot i exposar els punts de vista neptunistes i plutonistes, es decanta per les idees neptunistes del seu professor Kühn. Ja s'ha esmentat anteriorment aquesta etapa de Cotta. El 1833 va acompanyar el professor von Leonhard als afloraments i en els informes sobre l'estat dels treballs del mapa de 1835, Cotta es manifesta més com a plutonista.

Les primeres publicacions de Cotta són de 1834 i 1835. Aquests treballs mostren la seva capacitat d'observació i de raonament (Wagenbreth, 1966, pp. 241-271). Malgrat tot, Cotta pensa que cal fer treballs de neteja, obrir galeries i fer sondatges per poder establir de manera clara les relacions geomètriques i d'edat entre les diferents unitats geològiques de la regió.

L'any 1835 va proposar un pla d'excavacions que permetés abordar els problemes i el va enviar, signat per celebrats geòlegs, al director general de mines a Bonn, Johann J. Nöggerath, que el va presentar a la secció geognòstica de la reunió de metges i naturalistes alemanys, que aquell any se celebrava en aquella ciutat. A més, Cotta va publicar en el *Neuen Jahrbuch für Mineralogie* (1836) una “Crida al públic geognòstic per a la investigació de les relacions d'edat entre el granit i el Cretaci a Saxònia”, que signaven, com a protectors, von Humboldt, Weiss, von Leonhard, Naumann, Rose i Nöggerath. En aquesta crida explica els dos curts viatges que va fer l'estiu de 1835 amb Rose i von Humboldt, durant els quals va madurar el projecte, i indica que és “una novetat que es cridi els geognostes a una empresa col·lectiva”. Hi explica els treballs previstos, per a la realització dels quals estimava necessitar entre 240 i 400 tàlers:



Fig. 11. Bernhard Cotta (1808-1879). Va impulsar i dur a terme un projecte de recerca (1835-1838) finançat amb aportacions de col·legues, que va suposar l'acceptació del concepte d'encavalcament per la comunitat geològica.

Fig. 11. Bernhard Cotta (1808-1879). He promoted and carried out a research project (1835-1838), funded by colleagues. As a result, the geological community accepted the thrust concept.

¹⁹ Durant la seva estada a Alemanya, Ezquerra del Bayo va fer dues estades d'estudi a Heidelberg, amb von Leonhard (Ezquerra del Bayo, 1847) i, per encàrrec d'aquest, va dibuixar un esquema de Zscheila que mostra les “inclusions” de Pläner en el granit. El va incloure en una carta datada el 8 de novembre de 1834 (?) en la que diu “En el mateix lloc, on el prof. Naumann va trobar les inclusions calcàries en el granit l'any 1830, hi he vist disposicions semblants fa poques setmanes;... en el mateix granit he observat diverses superfícies de reliscament (de fricció).” Aquest dibuix va ser publicat per von Leonhard en un treball seu l'any 1834. (Wagenbreth, 1966, pp. 251-252).

1. “A la vall del Polenz, prop de Hohnstein, s’ha d’investigar amb exactitud, i potser comprovar-ho amb perforacions, la quantitat de sobreposició del granit sobre els gresos.
2. A la carretera de Rathewalde a Hohnstein, al vessant dret de la vall, cal netejar totalment el contacte entre el granit i els gresos, en dos punts, mitjançant excavacions, de manera que es puguin fer observacions segures de les eventuais estructures del contacte, així com de les dels seus voltants.
3. En un lloc adequat, encara per buscar, s’han de determinar amb exactitud les relacions de contacte i, en particular, el comportament de les capes juràsiques respecte el Quadersandstein, mitjançant una galeria o una localitat característica.

Tots aquests punts s’han de deixar en un estat tal, que permeti que els viatgers els puguin trobar i observar amb facilitat.” A més, cada subscriptor del projecte rebrà “un informe imprès amb il·lustracions precises”²⁰.

A la mateixa reunió de Bonn, ja s’hi van adherir 20 geòlegs, alemanys i estrangers, que van reunir una aportació de 71 tàlers. Entre aquests hi havia Leopold von Buch (10 t), Charles Lyell (5 t), Thaddäus Gumprecht de Berlin (1 t), William Buckland d’Oxford (5 t), Léonce Élie de Beaumont (5 t) i Johann J. Nöggerath (1 t). D’altres subscriptors van ser Alexander von Humboldt (30 t), el comte Kaspar Sternberg de Praga (10 t), el professor Christian S. Weiss de Berlin (10 t), el professor Ferdinand Reich de Freiberg (3 t), Heinrich Cotta, director general de forests a Tharandt i pare de Bernhard Cotta (5 t), Carl A. Kühn, conseller de la comissió de mines de Freiberg (3 t), von Herder, superintendent de Mines de Freiberg (10 t), Karl C. von Leonhard i Heinrich G. Bronn de Heidelberg (5 i 2 t respectivament) i Alexandre Brogniart de Paris (10 t). Durant l’any 1836 el nombre de subscriptors va arribar a 109. També hi va ser representada la casa reial de Saxònia: el rei Friedrich August II hi aportà 15 t i el príncep Johann 15 t més.

El 15 de març de 1838 Cotta signava el pròleg de l’informe promès (Cotta, 1838). En aquest treball, hi ha la llista de subscriptors amb les seves aportacions, que puguen a un total de 356 tàlers i s’hi exposen els comptes de manera sintètica: preveia que la impressió costaria 50 tàlers (encara no estava acabada), excloses les tres làmines litografiades (83 t). Els treballs de neteja i excavacions van costar 214 tàlers i es van pagar 12 tàlers a treballadors ajudants per la presa de dades i realitzar anivellaments topogràfics. Els costos previstos ascendien a 359 tàlers²¹. També indica que dels 356 tàlers dels subscriptors encara faltava ingressar-ne 54. Tots els subscriptors van rebre gratuïtament la publicació.

²⁰ “1. Im Polenz-Thale bei Hohnstein ist genau zu ermitteln und vielleicht durch Bohr-Versuche zu bestätigen, um wieviel der Granit über den Sandstein überhängt. 2. An der Strasse von Rathewalde nach Hohnstein, am rechten Gehänge des Polenz-Thales, ist die Grenze zwischen Granit und Sandstein durch Abräumigung an zwei Punkten vollständig zu entblößen, so dass man über das Einschneiden derselben so wie über etwaige Kontakt-Erscheinungen sichere Beobachtungen anstellen könne. 3. An einem noch aufzusuchenden passenden Orte ist das Grenzverhältnis und besonders das Verhalten der Jurasschichten gegen den Quader-Sandstein durch einen Stollen oder durch ein Fallort genau zu ermitteln.

Alle diese Punkte sind in einen Zustand zu bringen, dass sie von Reisenden leicht aufgefunden und beobachtet werden können”. Ausserdem sollte jeder Subskribent einen “gedruckten Bericht mit genauen Zeichnungen” erhalten (Cotta, 1836 citat a Wagenbreth, 1966, pp. 254-255).

En el cos principal de l’informe, després de descriure els afloraments, naturals i artificials (Fig. 12), Cotta conclou que al llarg del contacte discutit, les diferents unitats presenten les relacions geomètriques que s’accepten en l’actualitat i que el granit es va emplaçar en estat sòlid, és a dir, que es tractava d’un encavalcament, no de la intrusió d’un magma. Afirma desconèixer l’agent que ha provocat aquesta falla (Wagenbreth, 1966, pp. 256-270). Per acabar, escriu:

“No pot quedar ja cap dubte que, en el nostre cas, el granit, després de la deposició del Quadersandstein, ha sofert un canvi de localització de baix cap a dalt. Resta contestar només la pregunta, en quin estat hauria ascendit? L’examen amb aquesta finalitat dels trets del contacte mostra, tant al lector com a l’observador, que el granit havia hagut d’estar en un estat sec (sòlid), ja que enlloc es troben filons o diverticulacions del granit en el gresos o les Pläner, enlloc fragments d’aquestes últimes en el granit, enlloc foses o altres efectes evidents de calor. Prop de Hohnstein, es troben grans blocs i petits fragments del granit adossats als gresos conglomeràtics, mentre que lluny, al sud de la traça del nostre contacte, els mateixos gresos descansen sense cap perturbació sobre la continuació del mateix granit i sienita.[...] Hi ha d’haver algun agent desconegut per nosaltres que ha causat l’aixecament del granit i la sienita al llarg de tota l’extensió d’aquest notable contacte i que aquí i allà –a Hohnstein juntament amb capes juràsiques– els ha empès enllà, sobre els gresos i les Pläner. El granit i la sienita ascendides constitueixen el substrat originari dels membres cretàcics i juràsics. L’existència del Juràssic no ha estat demostrada enlloc més que a Hohnstein. Tot allò situat al sud d’aquesta línia d’aixecament descansa tranquil·lament i sòlidament en la seva disposició primitiva”.

“Cloem aquestes consideracions amb el record d’allò que va expressar Weiss en les seves primeres comunicacions sobre els fenòmens de Weinböhla i Hohnstein”²².

²¹ Per fer-se una idea del que representava el cost del projecte, alguns exemples de salaris anuals a Saxònia l’any 1836: un mestre d’escola cobrava al voltant de 200 tàlers (era molt variable en funció de la titularitat de l’escola: estat, església, indústries, etc., i dels complements rebuts en alguns casos, com l’habitatge, per exemple); un sergent, 208 ¼; un gendarme rural muntat, 264; un empleat mitjà del ministeri de cultura sense cap formació especial, fins a un màxim de 600; els consellers del Ministeri de Cultura, entre 1.200 i 2.000; el ministre de cultura, 5.000 (Moderow, 2007).

²² “Dass der Granit in unserem Falle nach der Ablagerung des Quadersandsteines eine Ortsveränderung in der Richtung von unten nach oben erlitten hat, kann wohl keinem Zweifel mehr unterliegen; es fragt sich jetzt nur noch, in welchem Zustande dürfte er empor getreten sein?. Die Prüfung der Grenzerscheinungen in dieser Rücksicht wird dem Leser wie dem Beobachter zeigen, dass dies ein trockener (fester) Zustand gewesen sein müsse; denn nirgends findet man Gänge oder Verzweigungen des Granits im Sandstein oder Pläner, nirgends Bruchstücke dieser letzteren Gesteine im ersteren, nirgends Schmelzungen oder andere auffallende Wirkungen von Hitze. Bei Hohnstein fanden sich dagegen grosse Geschiebe und kleine Fragmente des Granits im zunächst angrenzenden konglomeratartigen Sandsteine; südlich von unserer Grenzlinie ruht ferner derselbe Sandstein noch ungestört auf der Fortsetzung desselben Granites und Syenites, so bei Tetschen, Dohna, Plauen, im Elbstollen usw. Es muss daher irgend ein uns unbekanntes Agens den Granit und Syenit –die ursprüngliche Grundlage der Kreide und Jura-Glieder, welche letztere jedoch hier noch nirgends ausser bei Hohnstein sicher nachgewiesen sind– in der langen Ausdehnung der merkwürdigen Grenzlinie empor gehoben, und hier und da –bei Hohnstein zugleich mit Jurasschichten– über den Sandstein und Pläner hinweggeschoben haben, während Alles, was südlich von dieser Erhebungslinie liegt, ruhig in der alten Lage beharrte.” “Wir schliessen diese Betrachtungen mit der Erinnerung an das, was Weiss in seinen ersten Mitteilungen über die Phänomene bei Weinböhla und Hohnstein aussprach.” (Cotta, 1938, p. 52-53).

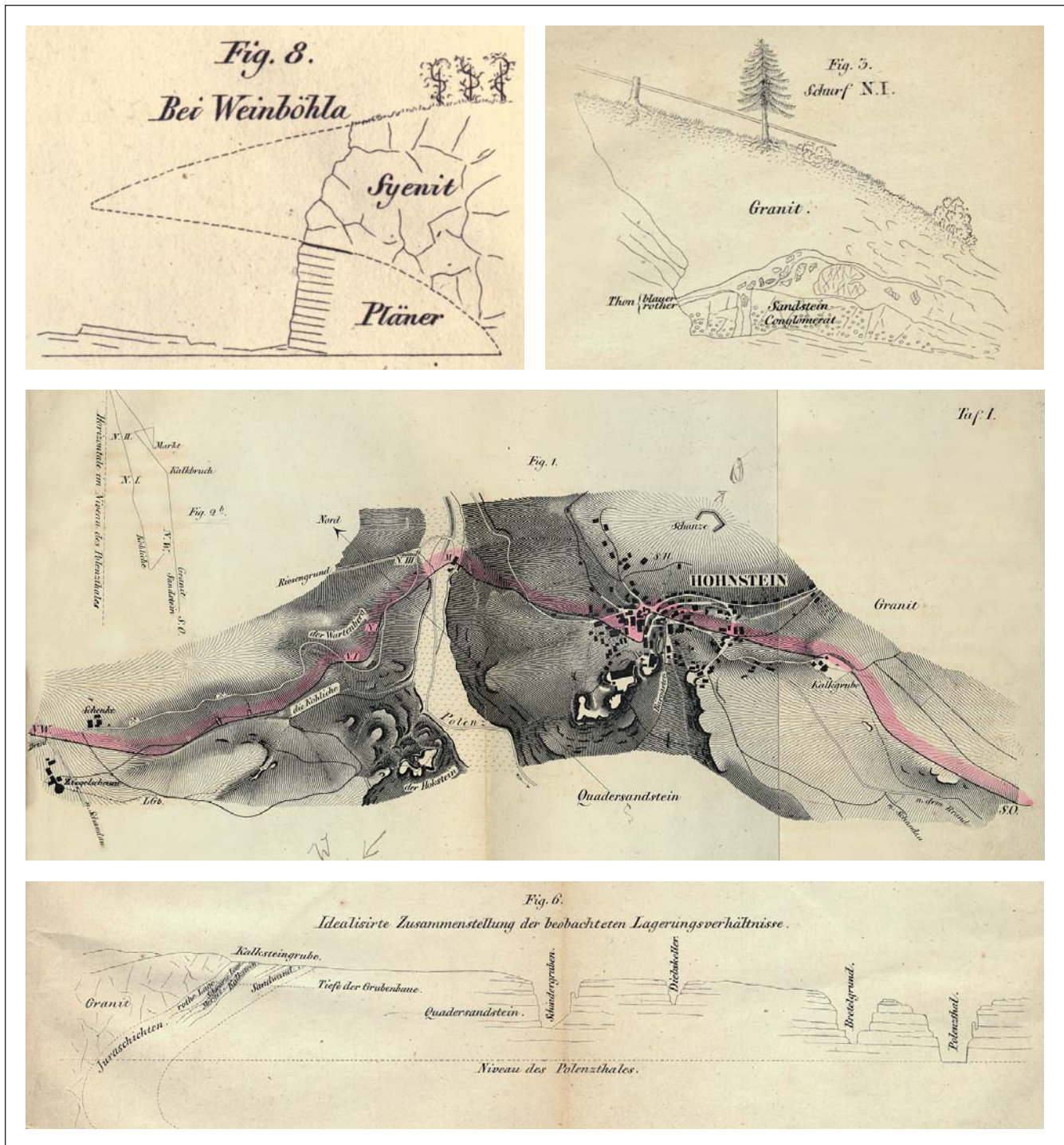


Fig 12. Exemples de les figures publicades per Cotta (1838) en el seu informe sobre les relacions entre el granit i el Cretaci a Saxònia. A dalt: Fig. 8, tall de la pedrera de Weinböhlen que mostra l'encavalcament de la sienita sobre les Pläner; correspon a la pedrera feta dibuixar per Weiss (1829), vegeu fig. 6. Fig. 3, excavació que mostra un detall del contacte del granit sobre els gresos i conglomerats prop de Hohnstein; el contacte ve marcat per argiles (*Thon*) blaves (*blauer*) i vermelles (*rother*) que engloben fragments angulars de gresos. Al centre: Fig. 1, mapa geològic dels voltants de Hohnstein; observeu la traça del contacte Quadersandstein/granit (subratllat en vermell a la banda del granit) i la morfologia en graons, que reflecteix la disposició subhoritzontal del Quadersandstein, mentre que on aflora el granit el relleu és més arrodonit. A sota, Fig. 6, tall sintètic de les observacions fetes als voltants de Hohnstein; gràcies a les dades observades a la mina (*Kalksteingrube*), de la que n'indica la profunditat (*Tiefe der Grubenbaue*), distingeix quatre nivells a les calcàries juràsiques (*Juraschichten*) paral·lels al contacte amb el granit; entre les calcàries juràsiques i el Quadersandstein subhoritzontal s'interposen nivells sorrencs (*Sandwand*) paral·lels a les capes juràsiques. Fotos: SLUB Dresden / Hist.Sax.A.312-2.

Fig. 12. Figures explaining the relationships between the granite and the Cretaceous in Saxony published in Cotta's report (1838). Top: Fig. 8, section of the Weinböhlen quarry showing the thrust of the syenite over the Pläner; this corresponds to the quarry, the print of which was published by Weiss (1829), see fig. 6. Fig. 3, excavation showing a detail of the contact of the granite over sandstones and conglomerates near Hohnstein; the contact is underlined by the presence of blue (*blauer*) and red (*rother*) clays (*Thon*) that include angular pieces of sandstones. In the centre: Fig. 1, geological map of the surroundings of Hohnstein; note the trace of the contact Quadersandstein/granite (underlined in red on the granite side) and the step morphology reflecting the sub-horizontal attitude of the Quadersandstein, whereas the topography is smooth where the granite crops out. Bottom: Fig. 6, cross-section including all the observations made near Hohnstein. The data obtained in the mine (*Kalksteingrube*) allowed Cotta to distinguish four Jurassic limestone levels (*Juraschichten*), the dip of which is parallel to the contact with the granite; sand levels (*Sandwand*) parallel to the Jurassic beds are located between the Jurassic limestones and the horizontal Quadersandstein. The depth of the mine (*Tiefe der Grubenbaue*) is indicated in the picture. Photos: SLUB Dresden / Hist.Sax.A.312-2.

A l'octubre de 1838, en el seu viatge de tornada de la reunió dels metges i naturalistes alemanys que havia tingut lloc a Praga, Nöggerath, von Buch i Élie de Beaumont van visitar les excavacions fetes per Cotta, així com els afloraments de Miltitz, Meissen, Oberau i Weinböhla. Així, tres anys abans que Arnold Escher interpretés l'encavalcament helvètic, l'encavalcament de Lusàcia va ser acceptat definitivament com tal per la comunitat geològica, després que el debat entre neptunistes i plutonistes eclipsés la primera descripció i correcta interpretació feta per Weiss el 1827.

CLOENDA

La proposta i acceptació dels encavalcaments és un episodi de la història de la Geologia senzill, ben delimitat, i abordat per una comunitat geològica que tot i tenir ja caràcter internacional, era encara poc nombrosa. A començaments del segle XIX, en els inicis de la Geologia, el cos conceptual de la disciplina era també senzill. Tot això fa que en el cas repassat en aquest article quedin ben manifestos fets que van més enllà del cas concret explicat. D'una banda, hi ha actituds, que són les mateixes que tenim els científics avui i, de l'altra, alguns aspectes metodològics que són força aplicables al conjunt de la Geologia.

a) Les actituds dels geòlegs enfront dels models o idees dominants mostren com, quan hi ha un model ben acceptat, en les descripcions de les dades s'utilitzen expressions que van més enllà de la descripció i reforcen la concordança de les observacions amb el model (per exemple, les descripcions del contacte Cretaci-granit/sienita anteriors al treball de Weiss): qui observa ho fa amb algun model o teoria que influeix decisivament en decidir què és significatiu o raonable, què és una dada i què no ho és. Pot ser d'altra manera? En coherència amb aquest fet, 1) l'arraconament, per part de la comunitat, de dades precises i interpretacions raonables que condueixen a resultats no previstos en els models imperants (per ex., la no consideració de les aportacions de Weiss durant la polèmica entre neptunistes i plutonistes): no són dades significatives, ni la interpretació que se'n desprèn, raonable. 2) També, la defensa, si convé autoritària, que fa l'autoritat dels models davant l'aportació de dades que els qüestionen (per ex., la reacció de von Buch davant de les observacions de H.-C. Escher): esdevé necessària per evitar distraccions. 3) Igualment, el fer observacions i interpretacions forçades durant la disputa entre dos models (per ex., la sedimentació en una balma per part dels neptunistes; els envitricollaments de Pläner i granit de Naumann o els conglomerats de còdols granítics formats per petites injeccions de granit fos a les Pläner, per part dels plutonistes): simplement, una actitud per evitar sortir de la normalitat ben establerta.

b) Es poden destacar dos aspectes metodològics més generals. Al final d'aquest episodi la comunitat accepta un nou fet: –els encavalcaments–, sense entendre'n la causa (no se'n coneix l'agent, en termes de Cotta) ni saber-ne explicar la mecànica de formació. Però, els encavalcaments, l'establiment dels quals ha requerit nombroses dades d'observació i força interpretacions, esdevenen un fet geològic indubtable, que caldrà explicar. En temps posteriors, els encavalcaments, lligats a les serralades, han estat atribuïts a la contracció de la Terra per refredament, s'han entès en el marc de la teoria del geosinclinal, per exemple, i avui els emmarquem en la dinàmica de la tectònica de plaques. La seva mecànica ha estat un problema llargament discutit des que es van descobrir i no es va resoldre fins els treballs de Hubbert i Rubey (1959) sobre el paper de la pressió de fluids en la mecànica dels encavalcaments. L'important és remarcar que el mètode geològic permet establir fets complexos, l'existència dels quals no depèn de la capacitat o incapacitat de saber-los explicar en termes físico-químics, encara que aconseguir-ho és un objectiu ineluctable. Cal distingir el fet geològic de la seva explicació.

En la superació de la polèmica sobre l'encavalcament de Lusàcia entre neptunistes i plutonistes, les interpretacions plutonistes no acaben substituint les neptunistes. Les interpretacions d'un model no substitueixen les de l'altre, per això no he utilitzat el terme paradigma. L'establiment del caràcter d'emplaçament sec (encavalcament) del granit de Lusàcia conté observacions amb interpretacions neptunistes (bosses reblertes de Pläner a la superfície d'erosió desenvolupada sobre el granit), plutonistes (origen magmàtic del granit), noves observacions de més qualitat verificables –i verificades– per la comunitat (treballs de Cotta) i interpretacions no tingudes en compte en cap dels dos models en litigi (interpretació com a materials de falla dels elements relacionats amb la superfície d'encavalcament: argiles i bretxes de falla, de Weiss i Cotta). Probablement aquestes noves interpretacions van poder ser acceptades perquè en la comunitat geològica devia haver-hi un cert sentiment d'esgotament de la capacitat del model plutonista per explicar tots els contactes granit-roca sedimentària que s'anaven observant (increment de descripcions d'emplaçaments secs de roques ígnies, encara que s'invoqués una causa ígnia per explicar-los, com en el cas de la interpretació de von Leonhard).

AGRAÏMENTS

A F. Sàbat, li dec uns comentaris després d'impartir la lliçó que van ser-me estimulants en escriure l'article. A J. Guimerà, M. Liesa, E. Massana i J. Gallemí observacions a diferents versions del manuscrit que han ajudat a millorar-lo. A M. Rivas, la realització dels dibuixos.

BIBLIOGRAFIA

- Almera, J. 1882. Un ibón (estanque) en el valle de Nuria en relación con el levantamiento de los Pirineos –Conferencia–. *La Ciencia Católica. Revista Religiosa, Científica y Literaria*, 1(6): 516-533.
- Almera, J. 1896. *Història geològica de la Vall de Núria (Pirineus orientals)*: 1-40, 1 foto. Est. de la Llib. Religiosa, Barcelona.

- Amorós, J.L. 1977. Weiss y los orígenes de la cristalografía clásica. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Geología)*, 75: 23-33.
- Berezowski, Zb., Chaloupský, J., Hirschmann, G., Kopecký, L., Soukup, J., Lorenz, W., Schubert, G., Steding, D., Skvor, V., Tröger, K.-A. & Václ, J. 1964. *Geologische Karte der Deutschen Demokratischen Republik, 1:200000, Karthe ohne quartäre Bildungen*, full M-33-IX Görlitz-Decin. Staatliche geologische Kommission der Deutschen Demokratischen

- Republik & Ústredni Geologicky Úrad, Ústredni Ústav Geologicky, Berlin & Praha.
- Blüher, H.-J., Gotte, W., Hirschmann, G., Hoth, K., Huebscher, H.-D., Behr, H.-J., Lorenz, W., Schubert, G., Steding, D., Skvor, V., Soukup, J., Tröger, K.-A. & Vácj, J. 1964. Geologische Karte der Deutschen Demokratischen Republik, 1:200000, Karthe ohne quartäre Bildungen, full M-33-VIII, Dresden-Chabarovice. Staatliche geologische Kommission der Deutschen Demokratischen Republik & Ústredni Geologicky Úrad, Ústredni Ústav Geologicky, Berlin & Praha.
- Buch, L. von 1824. Ueber die geognostischen Systeme von Deutschland. V. Leonhards Mineralogisches Taschenbuch, 1824: 501-506.
- Carlé, W.E.H. 1988. Werner-Beyrich-von Koenen-Stille - Ein geistiger Stammbaum wegweisender Geologen. Geologisches Jahrbuch, Reihe A, 108: 1-499.
- Cotta, B. 1838. Geognostische Wanderungen II. Teil: Die Lagerungsverhältnisse an der Grenze zwischen Granit und Quadersandstein bei Meissen, Hohnstein, Zittau und Liebenau: viii + 1-64, lám. 1-3. Arnold, Dresden und Leipzig.
- Delamétherie, J.C. 1802. Idées de Werner sur quelques points de la géognosie. Journal de Physique, 55: 443-450.
- Élie de Beaumont, L. 1829-30. Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe, présentant différents exemples de coïncidence entre le redressement des couches de certains systèmes de montagnes et les changements soudains qui ont établi les lignes de démarcation qu'on observe entre certains étages consécutifs de sédiment. Annales des Sciences naturelles, 18(1829): 5-25, 284-416; 19(1830): 5-99, 177-240.
- Ellenberger, F. 1994. Histoire de la Geologie. Tome 2. La grande éclosion et ses prémices 1660-1810: 1-381. Lavoisier, Paris.
- Ezquerro del Bayo, J. 1847. Viaje científico y pintoresco por Alemania, Tomo I (Que comprende el Salzburgo, el Tirol y gran parte del Ducado de Baden): xxiii + 1-304. Imprenta de D. Antonio Yenes, Madrid.
- Gohau, G. 1990. Les sciences de la Terre aux XVIIIe et XVIIIe siècles. Naissance de la géologie: 1-420. Albin Michel, Paris.
- Greene, M.T. 1982. Geology in the Nineteenth Century. Changing Views of a Changing World: 1-324. Cornell University Press, Ithaca & London.
- Guntau, M. 1984. Abraham Gottlob Werner. Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, 75: 1-120. BSB. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- Hölder, H. 1989. Kurze Geschichte der Geologie und Paläontologie. Ein Lesebuch: 1-244. Springer Verlag, Berlin.
- Hubbert, M.K. & Rubey, W.W. 1959. Role of fluid pressure in mechanics of overthrust faulting. I. Mechanics of fluid-filled porous solids and its application to overthrust faulting. Bulletin of the Geological Society of America, 70: 115-166.
- Hutton, J. 1785. Theory of the Earth; or an Investigation of the Laws observable in the Composition, Dissolution, and Restoration of Land upon the Globe. Transactions of the Royal Society of Edinburgh, 1:209-304.
- Joly, H. 1927. Études géologiques sur la Chaîne Celtibérique. Comptes rendus du Congrès Géologique International, 14ème session, Madrid: 523-585.
- Julivert, M. 1954. Observaciones sobre la tectónica de la depresión de Calatayud. Arrahona: 1-18.
- Laudan, R. 1987. From Mineralogy to Geology – The Foundations of a Science 1650-1830: 1-278. Chicago University Press, Chicago.
- Moderow, H.M. 2007. Volksschule zwischen Staat und Kirche. Das Beispiel Sachsen im 18. und 19. Jahrhundert: 1-545. Böhlau Verlag, Köln/ Weimar/ Wien.
- Nicol, J. 1857. On the red sandstone and conglomerate, and the superposed quartz-rocks, limestones, and gneiss of the north-west coast of Scotland. Quarterly Journal of the Geological Society of London, 13: 17-39.
- Oldroyd, D. 1990. The Highlands Controversy. Constructing geological knowledge through fieldwork in Nineteenth-Century Britain: 1-438. University of Chicago Press, Chicago.
- Oldroyd, D. 1996. Thinking about the Earth: a history of ideas in Geology: 1-410. Athlone, London.
- Riba, O. & Reguant, S. (1986): Una taula dels temps geològics. Institut d'Estudis Catalans, Arxius de la Secció de Ciències, 81: 1-127, taules 1-11.
- Rubey, W.W. & Hubbert, M.K. 1959. Role of fluid pressure in mechanics of overthrust faulting. II. Overthrust belt in geosynclinal area of Western Wyoming in light of fluid-pressure hypothesis. Bulletin of the Geological Society of America, 70: 167-206.
- Solé Sabarís, L. 1981. Raíces de la geología española. Mundo Científico, 9: 1018-1032.
- Staub, R. 1954. Der Bau der Glarneralpen und seine prinzipielle Bedeutung für die Alpengeologie: 1-187. Tschudi & Co., Glarus.
- Vitar, B. 2007. La pasión científica de un liberal romántico. Lorenzo Gómez Pardo y Ensenyat, 1801-1847: 1-344. Iberoamericana-Vervuert, Madrid.
- Vitar, B. (ed). 2009. Lorenzo Gómez Pardo y Ensenyat. Viajes de un ingeniero español por Centroeuropa y Francia: 1-337. Iberoamericana-Vervuert, Madrid.
- Wagenbreth, O. 1966-67. Die Lausitzer Überschiebung und die Geschichte ihrer geologischen Erforschung. I Teil. Abhandlungen des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden, 11 (I Teil, 1966): 163-278; 12 (II Teil, 1967): 279-368.
- Wagenbreth, O. 1968. Die geologischen Handskizzen Abraham Gottlob Werners. Geologie, 17: 113-135.
- Wagenbreth, O. 1979. Leopold von Buch (1774-1853) und die Entwicklung der Geologie im 19. Jahrhundert. Abhandlungen des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden, 29: 41-57.
- Weiss, Ch.S. 1827. Über einige geognostische Punkte bei Meissen und Hohnstein. Karstens Archiv für Bergbau und Hüttenwesen, 16: 3-16.
- Weiss, Ch.S. 1829. Zur Erläuterung der beiden Abbildungen des Steinbruchs von Weinböhl bei Meissen, Taf. VI. und VII. Karstens Archiv für Mineralogie, 1: 155-160.
- Werner, A.G. 1787. Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebürtsarten: 1-37. Walcherischen Hofbuchhandlung, Dresden.