

Diziplina anitzeko kanpamentua

Petrologia metamorfikoa eta petrología ignea

Eneko Cantero eta Ane Ibarzabal

1 AURKIBIDEA

2	SARRERA.....	5
3	Kokapen geografikoa.....	5
4	Kokapen geologikoa	6
4.1	Lehenengo deformazio fasea (D1)	9
4.2	Bigarren deformazio fasea (D2)	10
4.3	Hirugarren deformazio fasea (D3).....	10
5	Unitate litoestratigrafikoak	11
5.1	Ollo de Sapo Formazioa.....	11
5.2	Riazako gneiss Formazioa.....	12
5.3	Constante Formazioa	12
5.4	Kuartzita Armorikarra.....	12
5.5	Rodada Formazioa.....	13
5.6	Santibañez de Ayllon Formazioa	13
6	Metamorfismoa.....	13
6.1	Berzosa-Riaza sektoreko metamorfismoa.....	13
6.2	Kloritoidearen zona	14
6.3	Granatearen zona.....	15
6.4	Estaurolitaren zona	15
7	Mapa eta zehar ebakia	17
8	Hiendelaencina sektoreko metamorfismoa	19
9	Ondorioak.....	20
10	Bibliografia	21
11	Sarrera	23
12	Kokapen geografikoa.....	23
13	kokapen geologikoa	23
14	Fazie nagusiak	26
14.1	Montzogranitoa.....	26
14.2	Porfido erriolitikoa	27
14.3	Leukogranitoa.....	28
14.4	aplita.....	29
15	Fazie ezberdinen arteko harremanak	29
15.1	Bustarviejo.....	29
16	Ostalaria eta plutoiaren arteko harremana	30
17	Mapak.....	31
17.1	Cervera	31

17.2	Kanping-eko geralekua.....	32
18	Bibliografia	33
19	SARRERA.....	35
20	KOKAPEN GEOGRAFIKOA	35
21	KOKAPEN GELOGIKOA.....	35
22	CALATRAVAKO EREMU BOLKANIKOA	37
22.1	Petrografia.....	37
22.2	Barietate porfidiko masiboak.....	37
22.3	Barietate piroklastiko eskoriazeoak	37
22.4	Depositu hidromagmatikoak.....	38
22.5	Geokimika.....	38
23	BOLKANAK.....	38
23.1	Bulkanismo motak.....	38
23.1.1	Bulkanismo Estromboliarra	38
23.1.2	Bulkanismo Hidromagmatikoa	38
23.1.3	Bulkanismo Hawairra	39
23.2	Cabeza Parda bolkana	39
23.3	Almodovar de Campo bolkana.....	40
23.4	Arzollosa de Piedrabuena bolkana.....	41
23.5	Cerro Gordo bolkana	43
24	Bibliografia	45

GUADARRAMAKO DOMEINU METAMORFIKOA

2 SARRERA

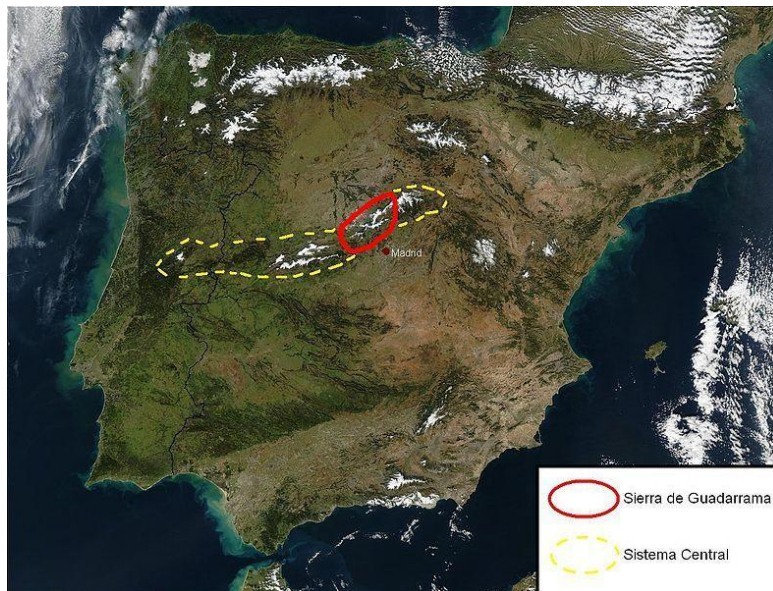
Lan honen helburua Guadarramako domeinu metamorfikoen azterketa geologikoa egitea da. Azterketa hori egiteko asmoz, zona hauen material metamorfikoak ezaugarritu dira eta baita material horien erlazioak.

Jasotako informazio guztiarekin metamorfismo eboluzioaren modelo bat eraiki da, tartean zona metamorfiko ezberdinen kartografia eginez. Horrekin eta jasotako datuekin, modelo horri azalpen geologiko bat eman zaio.

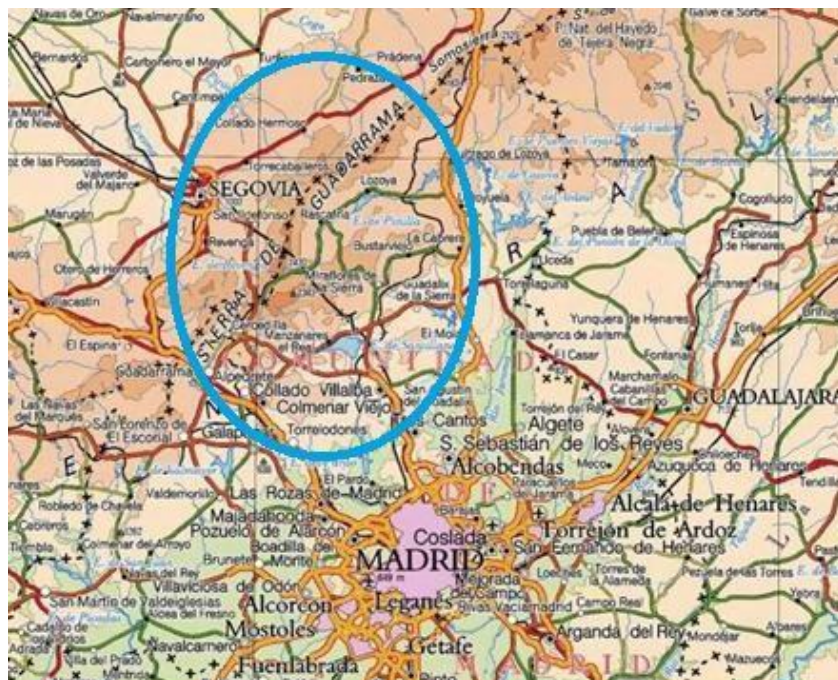
3 KOKAPEN GEOGRAFIKOA

Aztertutako material metamorfikoak Guadarramako mendilerroan aurkitzen dira.

Guadarramako mendilerroa Sistema Zentralaren ekialdean kokatzen da (1.irudia), Gredos eta Ayllón mendikateen artean. SW-NE norabidean zabaltzen da eta egindako kalkulu ezberdinen arabera 80 kilometroko luzera du, Peñalara (2428 metro) pikuak kokarik handiena izanik. Mendilerro honen hego ekialdean Madril kokatzen da eta ipar mendebaldean Segovia (2.irudia).



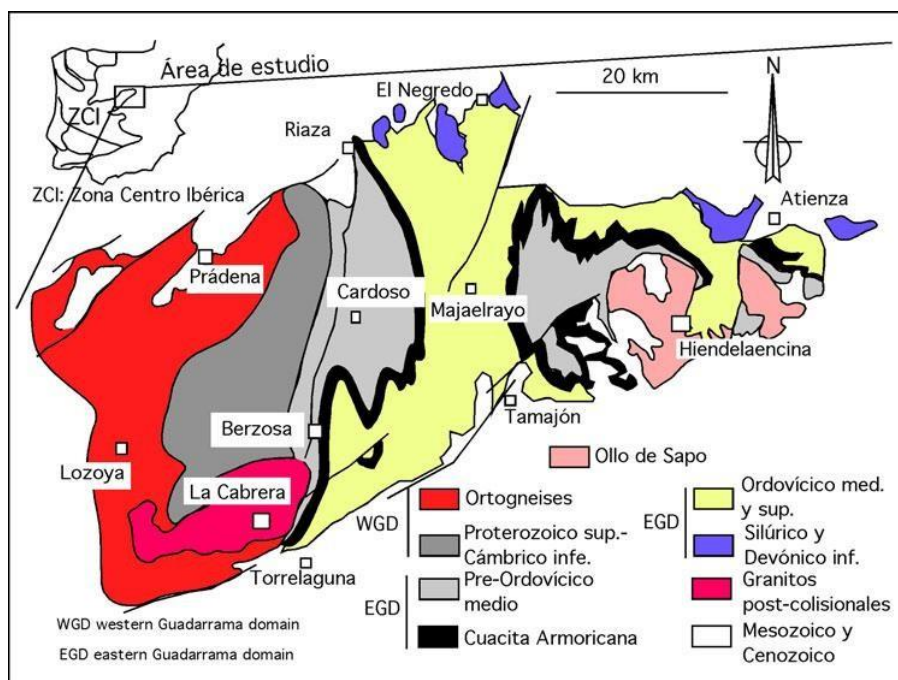
1.irudia: Guadarrama mendilerroaren kokapen geografikoa satelitezko ikuspegitik.



2.Irudia: Guadarrama mendilerroaren kokapena, Segovia eta Madril hiriburuen artean.

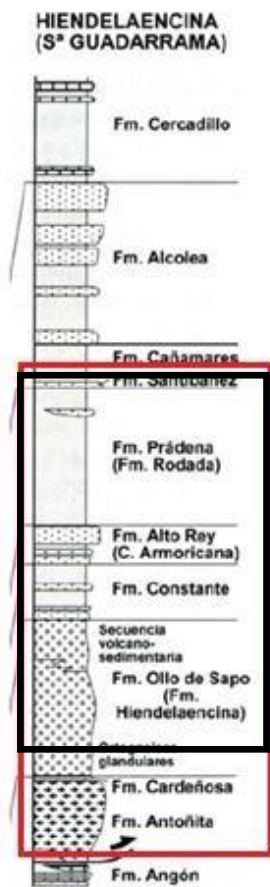
4 KOKAPEN GEOLOGIKOA

Ikerturiko zonaldea (3.irudia) Somosierra sektorean kokatzen da, Guadarramako mendilerroaren barnean. Zona hau, arestian esan bezala Sistema Zentralaren ekialdean kokatzen da.



3.Irudia: Guadarrama mendilerroaren mapa geologikoa eta bere kokapena, Hertziniar garaiko Iberiar mazizoa (Escuder et. al, 1998).

Guadarramako mendilerroa osatzen duten arroak orogenia Hertziniarra jasan zuten eta dituzten ezaugarri litologiko, estruktural eta metamorfismo graduaren arabera bi domeinutan banatzen dira: batetik, metamorfismo altuko Mendebaldeko domeinua eta bestetik, metamorfismo ertain-baxuko Ekialdeko domeinua. Bi domeinu hauek Berzosa-Riaza failaren bidez daude bananduta (4.irudia) eta esan beharra dago, Mendebaldeko domeinuan material granitikoak daudela baino Ekialdekoan ordea, ez direla agertzen. Ezaugarri honek eta mendilerroan dagoen zonazio metamorfikoak, metamorfismo Hertziniarra ikertzeko zonalde oso aproposa bihurtzen dute.



Guadarramako ekialdeko domeinuan, metamorfismo barroviar tipikoa aurkitzen da. Hemen Ordoviziarreko sekuentzia siliziklastiko bat dago Aurrekanbriar berantiarreko eta Kanbriar goiztiarreko metasedimentu eta ortogneisen gainean diskordanteki kokatzen dena. Rianza eta El Cardosoko ortogneis mikro eta makroglandularrek 480 ± 2 milioi urte eta $468 \pm 18-8$ milioi urteko adina eman dute hurrenez hurren.

Guadarramako mendebaldeko domeinuan aldiz, presio baxuko eta tenperatura altuko gradu altuko metamorfismoa aurkitzen da, paragneiss pelitiko eta semipelitiko osatua dagoena eta kuartzita, marmol eta gneiss kalkosilikatatu tartekatuta ageri da.

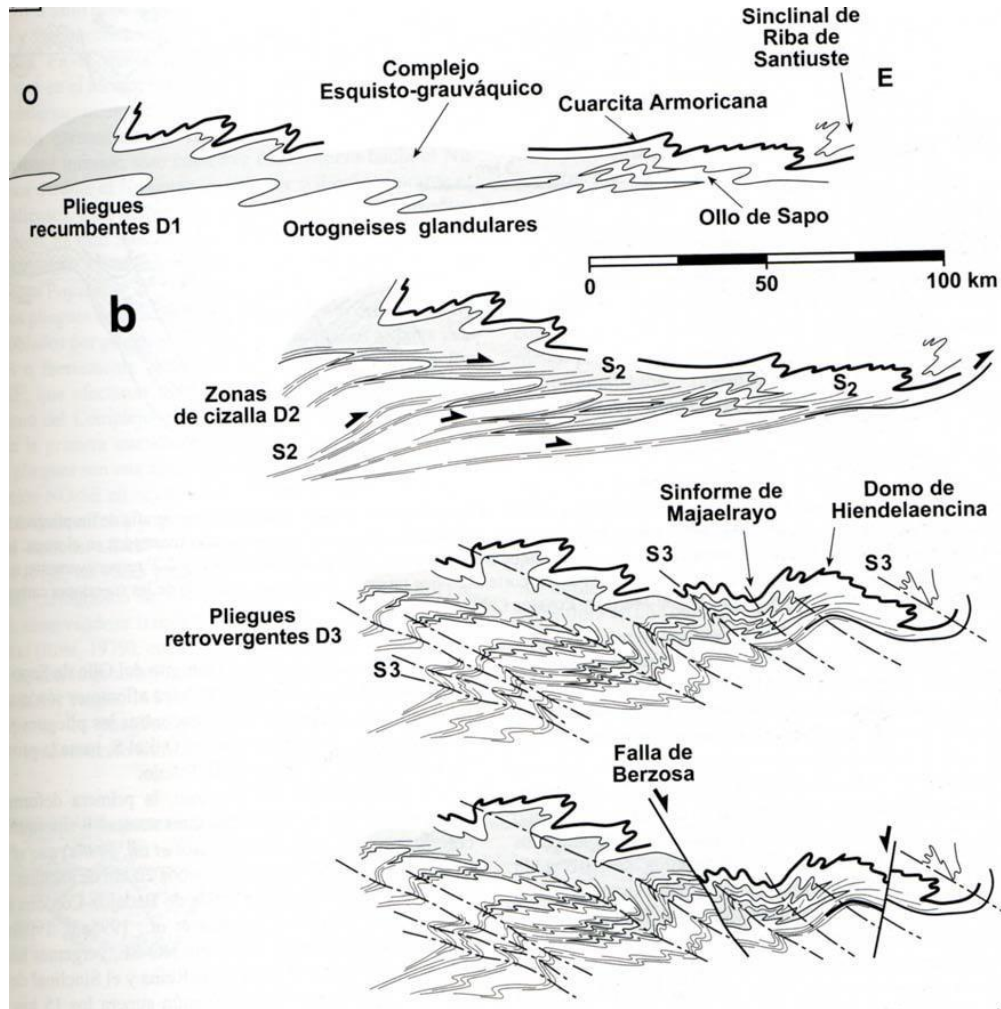
Bi zona hauek bi deformazio prozesu (D_1 eta D_2) jasan zituzten, aurreago deformazio fase hauek ezaugarritzen direlarik. Azkenik garatzen den makroegitura, mendebaldeko ekialdearekiko izan zuen altxaketa erlatiboaren emaitza da, eta egitura berantiarren gainjartzearena (D_3). Honek Berzosa-Rianza zizaila zona bertikalizatu eta partzialki tolesten du NNO-SSE norabideko eta uhin luzera kilometrikoa duen tolesak eratuz.

Orogenia Hertziniarra prozesu tektoniko, metamorfiko eta igneoen erantzule nagusia da. Deformazioa eskistositate frontearen azpitik eman zen, egiturak harikorrak izanik. Egitura hauek ere tolesez, lineazioez, boudinagez eta gehienbat, foliazioez eta eskistositatez daude osatuta.

Orogenia Hertziniarrerako hiru deformazio fase sinmetamorfiko nagusi definitu dira, ondoren tolestutako bi fase ahul eta frakturazio berantiarreko beste bi fase.

Berzosa-Rianza failaren ekialdeko zonaldean Prekanbriar eta Behe Paleozoikoko materialak daude, metamorfismo gradu baxu eta ertaina dutelarik. Material hauek duten egitura multzoa lehenengo eta hirugarren faseetan garatu da.

Failaren mendebaldean berriz, soilik Ordoviziar aurreko materialak agertu ohi dira, sillimanitaren isogradaren gaineko metamorfismoa dutenak. Lehenengo fasearen fabrika daukate garatuta material hauek, fabrika hori bigarren fasearen bidez alderantzitu dena eta hirugarren fasearen bidez gogorki tolestu dena.



4. Irudia: Guadarrama mendilerroan emandako deformazio Hertziniarraren eboluzioa. Zonaldean emandako deformazio faseak D hizkiaren bidez daude adierazita eta eskistositate planoak berriz, S hizkiaren bidez.

4.1 LEHENENGO DEFORMAZIO FASEA (D1)

Fase honetan deformazio sarkor bat garatzen da, konpresiozkoa izan zena eta E eta NE-ranzko bergentzia duten toles asimetrikoekin erlazionatzen da. Guzti hau, kuartzita armonikarrari esker ongi ikus daiteke. Bestalde esfortzua zamalkadura moldakorrekin edota metamorfismo barroviarrean aurkitzen diren mineral elkarten blastesiarekin erlazioa daiteke baita ere, esfortzu honetan lurrazalaren lodiera handitzeagatik gertatu zen, mineral metamorfikoak eratuz, M_1 ean. Konpresioarekin erlazionatzen den eskistositatea "slaty cleavage" ongi definitua da arbel eta eskistoetan, eta kuartzitetan eskistositatea ikus daiteke. Egituraren goiko aldean, eskisto berdeen faziean, sin-etik post D_1 arte, klorita, biotita, kloritoide eta granate lepidoblasto eta poikiloblastoak ematen dira. Beheko aldean berriz, anfiboliten faziean, granate, biotita, estaurolita eta biotita, estaurolita, zianita bezalako asoziazioak ematen dira eta hauek mendebaldeko gneisekin kontaktuan ageri dira. Bestalde, mendebaldeko M_1 mineral elkarteak desagertuak ageri dira D_2 -aren ondorioz, baina errelaktu gisa ageri dira beste mineralen inklusio moduan.

4.2 BIGARREN DEFORMAZIO FASEA (D2)

Estentziozkoa izan zen eta eskala handiko zizaila zona moldakorra eratu zuen. Honen mugimenduaren ondorio dira, aurreko metamorfismo barroviarreko arroken gainean, presio baxuko eta temperatura altuko metamorfismoan eratutako arroak aurkitzea. Esfortzu honen egitura esanguratsuen S_2 eskistositatea da. Bere norabidea NO-SE da, 70-85ºko okerdura ekialderantz erakusten duelarik maila altuenetan eta 35-60ºko okerdura maila baxuetan. Zizaila zonaren gaineko zatian, S_2 eskistositateak indarra galtzen du eta krenulazio eskistositate batean bihurtzen da.

Deformazio heterogeneo batez ezaugarritzen da, zentimetro-kilometro arteko lodiera duten zizaila bandak eta milonitizazio indartsua duten zonalde deformatuak emanik. Autore batzuen arabera (Capote et al., 1977) bigarren fase honek Berzosa failaren eraketa ekarri zuen. Lehenengo fasea (D1) eta bigarren fasea (D2) Goi Devoniar eta Behe Karboniferoaren artean garatzen dira.

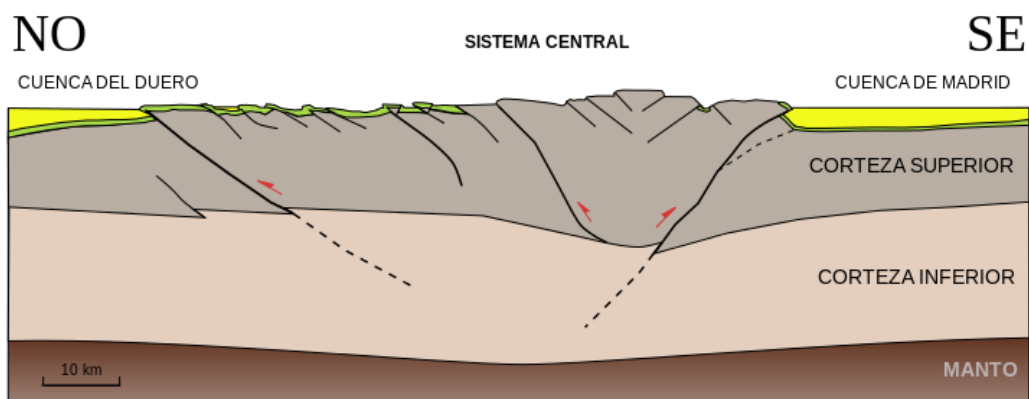
4.3 HIRUGARREN DEFORMAZIO FASEA (D3)

Kontrol litologiko oso zehatza du fase honek, soilik arbel eta kuartziten txandakapenei eragin ziolarik. Fase honetan zehar erreplegamentu erretrobergente orokorra eman zen eta inguruan modu ezberdinen eragin zuen, Berzosa-Riaza failaren mendebaldeko zonaldean intentsitate handiagoa izan zuelarik.

Prozesu honen bidez eratutako tolesak (*kink* edo *chevron* motatakoak) mendebalderanzko bergentzia orokorra dute. Tolesak metrikoak dira orokorrean eta geometria aldakorrek, zapalduko tolesak nagusi izanik eta batzutan ia isoklinalak. Fase honek krenulaziozko eskistositatea ematen du eta kasu batzuetan eskistositate batzuk ematen ditu, aurretik garatuak zeuden eskistositateak ia ezabatzen dituenak.

Orogenia Alpetarrak soilik Sistema Zentralaren blokeak altxatu zituen Neogenoan, jarraian azaltzen den moduan. Tektonika konpresibo batek eragin zuen, Tertziarioan emandako Iberiar Plakaren deformazioaren ebidentziak zonalde honetan azaleratuz.

Tektonikaren ikuspuntutik, Sistema Zentralak bergentzia bikoitza erakusten du (Iparraldeko ertzean, NW eta N-rantz eta Hegoaldeko ertzean, SE eta S-rantz), *pop-up* egitura garatuz. Honez gain *pop-down* egiturak garatzen dira, kontrako bi zamalkaduren artean hondoratzen diren blokeak izanik. Egitura tektoniko hauek morfologia mailakatua eratzen dute Sistema Zentralaren ezaugarri bereizgarria dena (5.irudia).



5.irudia: Sistema Zentralaren geologia orokorra, NW-SE norabidean. Fijatu sistema zentralaren azpiko lurrazalaren lodieran eta pop-up eta pop-down egituretan. Berde kolorez Goi Kretazeoko sedimentu itsastarrak ageri dira eta horiz, Zenozoikoko sedimentu kontinentalak (G. de Vicente, 2009).

5 UNITATE LITOESTRATIGRAFIKOAK

Atal honetan, aztertutako ingurune metamorfikoan ageri ziren unitate litoestratigrafikoen deskribapena egiten da.

5.1 OLLO DE SAPO FORMAZIOA

Zutabearen behekaldean agertzen diren materialak dira, hau da materialik zaharrenak izango dira. Material hauen berezitasuna bertan agertzen den mineral bat da. Kuartzozko pikor moreak dira. Material hauen inguruan hainbat esames egon dira azken urteotan. Material mota guztien modura zehaztu dira, hau da, Material ígneo, sedimentario eta metamorfiko moduan klasifikatu dira urteak joan eta urteak etorri. Errepidean goitik behera pikor tamainaren handitze izugarria antzematen da, bai kuartzozko pikorretan eta batizbat feldespatozko pikorretan. Azken hauek 15 cm takoak aurkitzeraino iritsi dira. Deformazio irizpideak ere behatzen dira feldespatozko pikor hauetan. Material hauen jatorria, material ígneo feltsikoak izango dira, beraien mineralogiari erreparatzen badiogu eta



6.irudia. Ollo de Sapo Formazioa.

deformazio faseak ikus daitezke beraz material metamorfiko moduan klasifikatu dira. Bertako feldespatozko pikorrak, pre-sin d1 izango dira. Pikor batzuetan eskistositateak barnean jarraipena du eta konexioa ikusten baita kanpoko eskistositatearekiko, veste batzuk ez dute erakusten eta zenbait post ere egongo dira.

5.2 RIAZAKO GNEISS FORMAZIOA

Arroka gneiss kuartzo-feldespatikoak dira eta feldespatopotasikoko megakristalak dituzte ezaugarri bereizgarri. Megakristal hauen presentzia aldakorra formazioan zehar eta biotita kantitate ertaina daukate. Biotita urtu egiten da eta granate peroteptikoa sortzen da. Bestetik aipagarria den ezaugarria, Qz eta Fd-z osatutakom leukosomak dituela eta melanosomak agertzen direla da.

5.3 CONSTATE FORMAZIOA

Formazio honen ezaugarri nagusia materialen txandakapena da. Hots, kuartzita-pelita (filita) txandakapenak. Formazio hau Hiendelaencina gneissen (glandular eta mikroglandular) gainean kokatzen da eta kuartzita armorikanaren azpitik.



8.irudia. aurreko irudia gertutik.
S1-S2 erlazioa.

Kuartzita-
filita txandakapena
700-1000 metro
ingurukoa da eta

kuartzitazko geruza edo paketeak 10 zentimetro eta 5 metro arteko tamaina daukate. Txandakapen horrek S_0 plano definitzen du eta horien arteko toles multzoek S_1 plano S_2 alde pelitikoetan garatzen da eta plano hau nabarmenena da, norabidea eta okerdura ematen duena. Toles hauek lehenengo eta hirugarren deformaziozkoak dira; lehen faseko tolesak N-S norabidea dute eta ekialderanzko bergentzia.



7. irudia. Konstante Formazioa.

5.4 KUARTZITA ARMORIKARRA

Kuartzita pakete masiboez dago osatuta, kolore argikoak eta puruak direnak. Behe Ordoviziar (Arenig) garaikoak dira eta seriea 80-130 metro artekoa da, kuartziten artean maila pelitikoak eta hareatsuak tartekatzen direlarik. Kuartziten artean ere, oso arrunta da geruzapen gurutzatuak, geruzapen paraleloak, rippleak eta bioturbazioak aurkitzea. Hauek gehienbat maila

pelitiko-hareatsuetan aurki daitezke non bertako bioturbazioek sakonera gutxiko ingurunea adierazten duten. Hegoalderantz formazio honen potentzia txikiagotzen doa, Montejo-Berzosa zonaldean hain zuzen.

5.5 RODADA FORMAZIOA

Kuartzita Armorikanaren gainetik kuartzita eta kloritoidedun eskitoen tartekatze batera pasatzen da. Formazio hau gradu metamorfiko ezberdinak garatuta ditu. Material hauek Oretaniar garaikoak dira eta Luarcako arbelen garaikideak dira.



9.irudia. Rodada formazioa.

5.6 SANTIBAÑEZ DE AYLLON FORMAZIOA

Oso gradu baxuko arbelaz dago osatuta, arbel hauek ia sedimentarioak direnak eta konpresio indar nabariak jasan ditu formazio honek, segida nahiko tolestuta egonik (14. Irudia). Hots, zonalde hau diagenesi-metamorfismo hasierako mugari dagokio. Zonalde honetan garai ezberdinetako materialak aurkitzen dira (Ordoviciarra, Siluriarra, Devoniarra) eta hauen gainetik diskordanteki, Triasikoko eta Kretazeoko materialak.

6 METAMORFISMOA

Atal honetan aztertutako zonalde ezberdinen metamorfismoa ezaugarritu egingo da, zona bakoitzak dituen ezaugarri metamorfiko propioak azalduz.

- Berzosa-Riaza sektoreko metamorfismoa
- Hiendelaencina sektoreko metamorfismoa

6.1 BERZOSA-RIAZA SEKTOREKO METAMORFISMOA

Atal honetan zonalde metamorfikoak definitzen dira, Berzosa-Riazako eboluzio metamorfikoa zehazteko asmoz.

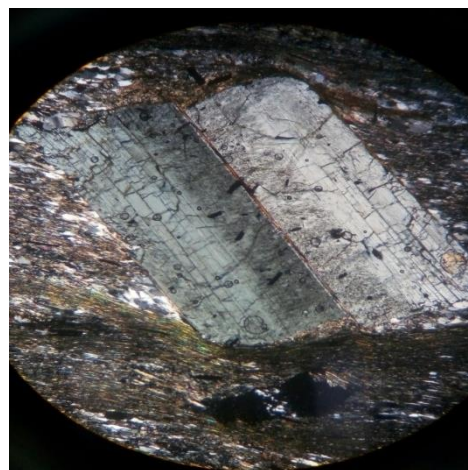
Berzosa-Riaza zizaila zonaldea, deformazio Hertziniarreko bigarren deformazio fasearen (D2) bidez eratu zen. Deformazio honek Sistema Zentrala bi domeinu nagusitan banatu egin zuen (Guadarramako mendebaldeko domeinua eta ekialdeko domeinua), domeinu bakoitzak metamorfismo gradu eta litologia propioak dituztelarik.

6.2 KLORITOIDEAREN ZONA

Zona honi dagozkion metasedimentuak ekialdeko domeinuan kokatzen dira. Material hauek Ordoviciar garaiko kuartzita, arbel eta filitak dira. Hots, Rodada, Alto Rey eta Constante Formazioak. Aztertutako filitetan foliazioa neur daiteke eta bisualki oso ondo ikusi egiten da S_2 krenulazioa.

Dagokion paragenesia honakoa da: kuartzo + moskovita + klorita + kloritoide \pm biotita \pm opakoak gehigarri gisa. Eskisto berdeen fazieari dagokio eta gradu baxuko arroketan aurkitzen da, arestian esan bezala.

Mikroskopia petrografikoan S_1 eta S_2 planoak bikain ikusten dira. Blastesi- deformazio erlazioak aztertu ahal izateko presio itzaletan fijatu behar gara, ea S_1 -en norabide berdina duten ikusteko edo S_2 -ren norabide berdina duten ikusteko. Kloritoide mineralak ongi bereizten dira mikroskopioaren laguntzaz eta haien blastesi-deformazio erlazioa ondoriozta daiteke .



10.irudia. kloritoide pre-zinematikoa D1-ekiko

Kloritoidearen zonari dagokion blastesi-deformazio erlazioa honakoa da:

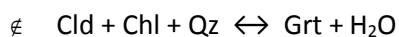
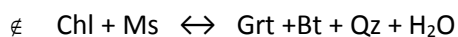
Mineralak	D1-M1			D2-M2		
	Pre	Sin	Post	Pre	Sin	Post
Cld						
Qz						
Mikak						
Opakoak						

6.3 GRANATEAREN ZONA

Rodada Formazioan, Constante Formazioan eta Kuartzita armorikarrean granate mineralak ageri dira. Arroka hauek kuartzita eta eskistoak dira eta arkatx motako krenulazioa garatuta dute, bi deformazio fase egonik zona honetan. Foliazioa neurtu da eta N120E, 60NE lortu da. Nahiko arruntak dira kloritoidezko porfidoblastoak, bisuz ikus daitezkeenak.

Dagokion paragenesia honakoa da: klorita + granate + kuartzo + biotita + kloritoidea. **Eskisto berdeen** faziearen goiko mugari dagokio (kloritoidearen zona baino tenperatura altuagoa izanik).

Erreakzio hauetatik granatea garatu ahal izan da:



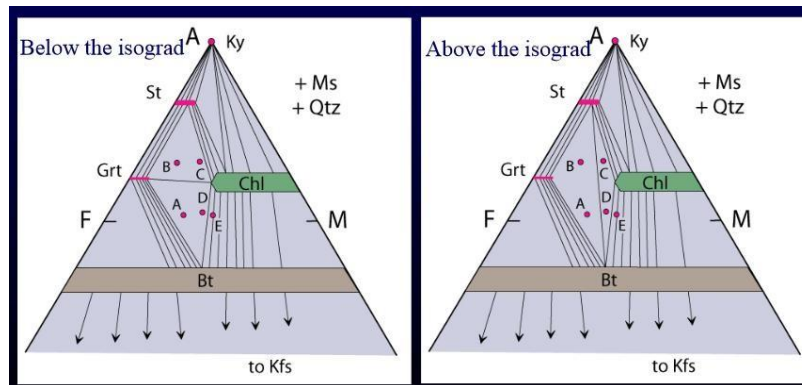
6.4 ESTAUROLITAREN ZONA

Rodada Formazioaren amaieran eta Kuartzita armorikarraren hasierako tartean estaurolita (in) isograda garatzen da. Aztertutako zonaldean espazio gehien betetzen duen zona da, oso ugaria izanik. Zona honen barnean dauden materialak Ordoviciar garaiko eskistoak eta kuartzitak dira.

Dagokion paragenesia honakoa da: estaurolita + granatea + biotita + moskovita + kuartzoa. Paragenesi honek erakusten dituen baldintzak metamorfismo gradu ertainekoak dira, jadanik eta beraz **anfiboliten** fazieari dagokio zonalde hau.

Erreakzio hauetatik estauroлита eratu ahal izan da, non kloritoidea (Cld) erreakzioan zehar desagertuko den estauroлита (St) emateko

- ☒ $\text{Cld} + \text{Qz} \leftrightarrow \text{St} + \text{Grt} + \text{H}_2\text{O}$
- ☒ $\text{Grt} + \text{Ms} + \text{Chl} \leftrightarrow \text{St} + \text{Bt} + \text{Qz} + \text{H}_2\text{O}$
- ☒ $\text{Cld} \leftrightarrow \text{St} + \text{Grt} + \text{Chl} + \text{H}_2\text{O}$



Zonalde honetan gauza bitxi bat ematen da. Batzutan ez da estaurolítarik aurkitzen segidan aurrera joan ahala eta pentsa genezake granatearen zonan gaudela baino ez da horrela. Honen arrazoia protolitoaren izaeran dago, protolito pelitikoa bada granate ugari emango duelako. Beste arrazoia da, estauroлита soilik aurreranzko metamorfismo bidez eratzen dela.

7 MAPA ETA ZEHAR EBAKIA

8 HIENDELAENCINA SEKTOREKO METAMORFISMOA

Sektore hau Berzosa-Riaza failaren ekialdean kokatzen da non metamorfismo gradua oso baxua da. Hots, sektore guzti hau biotitaren zonari dagokio bere osotasunean eta jarraian sektore hau osatzen duten unitate litoestratigrafikoak aipatzen dira, metamorfismoarekin lotzeko asmoz. Sektore honetan aztertutako segida Constante Formazioan hasi egiten da, Ollo de Sapo Formazioan jarraitu eta azkenik, Antoñita Formazioan bukatzen da.

Constante Formazioan dauden kuartziten eta filiten txandakapenek bi deformazio faseen ebidentziak erakusten dituzte baino metamorfismo gradu baxukoak dira.

Ollo de Sapo Formazioan zehar dakigunez, bi pikor tamaina ezberdintzen dira (fina eta larria). Formazioaren mineralogia kuartzo, feldespato eta plagioklasek osatzen dute eta baita ere metamorfismo gradu baxuko materialtzat hartzen da.

Azkenik, Antoñita Formazioa aztertzen da. Honetan ere ez da metamorfismo maila altuko mineral indizerik ikusten nahiz eta batzuetan distena agertzen delarik. Beraz, formazio hau ere gradu baxukoa dela ere ondorioztatzen da eta frogatu da formazio hau deformaturiko granito batetik eratu dela.

9 ONDORIOAK

Eskualdeko metamorfismo orogenikoan zehar p-T baldintza ezberdinak garatu egin ziren. Baldintza batzuk gradu baxukoak izan ziren. Baldintza baxuko material hauek erakusten duten mineralogía, PT baldintzen garapen progresiboa erakusten dute. Garapen honen ondorioz:

Kloritoidea--Granate-- Estaurolita

Aipatutako zona honetan, gune bakoitzean paragenesi propioak agertuko dira, baina PT baldintzajen mineral indikatzaileen agerpenak erakutsiko digu metamorfismoaren gradua pixkanaka igoz joan dela.

Maila estruktural guztietan, Hertziar garaiko eboluzio tektotermala ordulariaren norantzako ibilbidea jarraitzen du P-T-t diagrametan, kolisio orogenikoen ezaugarri tipikoa izanik. Metamorfismoa deformazio Hertziararen hiru fase nagusietan eman zen eta bestetik, metamorfismoa diakronikoa izan zela ondorioztatzen da.

Zona metamorfiko bakoitzean protolito ezberdinak bereizten dira ekialdean pelitikoak izanez. Mikroegitura ezberdinek, foliazioak eta lineazioak, metamorfismo mota orogenikoa izan dela frogatzen dute. Era berean, metamorfismoan gradiente bat bereiziko da, gradu altueneko metamorfismoa orogenia gunean aurkituz, eta metamorfismo baxuena ertzetan arestian aipatu bezala.

Porfidoblastoak aztertuz, hala nola estratuen okerdura, mugimendua normala dela esan dezakegu. Horrela, deformazio faseak nolakoak diren jakin ahal izan da, D1 eta D3 konpresionalak izanez eta D2 estentsionalak.

Tektonikari dagokionez, nahiz eta azaleramenduan ikusi ez, orogenia harmorikarraren arrastoak ikusten dira, honen ondoren lurrazalaren fintze prozesu bat eman zelarik. Prozesu hau Behe Ordoviziarrean gertatu zen, subdukzio zona bat izan zelarik honen erantzule. Geroago, Erdi Ordoviziar-Devoniarrean ertz pasibo bat garatu zen, honela sedimentuak metatu zirelarik. Azkenik, Devoniar- Karbonifero garaian bi superkontinenteen arteko kolisioa eman eta lehenago aipaturiko deformazio fase ezberdinak (D₁, D₂, eta D₃) eman ziren.

10 BIBLIOGRAFIA

- Arenas, R., Casquet, C., Peinado, M., (1980). El metamorfismo en el sector de Riaza (Somosierra, Sistema Central Español). Implicaciones Geoquímicas y Petrologicas.
- Arenas, R., Gonzalez Ledoiro F., Peinado, M. La zona de cizalla de Berzosa-Riaza en el sector septentrional. Influencia sobre la configuración de las zonas metamórficas.
 - Alvaro, M., Portero J.M. (2012). Memoria y guía de la primera reunión de campo GEOSENTRIP (Hiendelaencina-Cogolludo).
 - Alvaro, M., Bellido F. et. al (1981). Excursion sobre el metamorfismo y estructura de las series preordovicicas del sistema central y plutonismo asociado. Cuadernos geologia iberica Vol 7, paginas 53-97.
 - Bellido F. et. al (1981). Caracteres generales del cinturón Hercínico en el sector oriental del sistema central español.
 - E. Viruete, P. Valverde Vaquero, P.P. Hernandez ,R.Rodriguez et. al (1996). Evolucion microestructural y metamorfica de la zona de zizalla extensional de Berzosa-Riaza: la superposicion de asociaciones minerales de baja-P/Alta-T sobre una secuencia Barroviense. Geogaceta, 20(4).
 - E. Viruete, P. Valverde Vaquero, P.P. Hernandez ,R.Rodriguez, G. Dunning (1998). Variscan syncollisional extension in the Iberian Massif. Structural metamorphic and geochronological evidence from the Somosierra sector of the Sierra de Guadarrama (Central Iberian Zone, Spain).
 - E. Viruete, P. Valverde Vaquero (1999). Modelización termal en 2-D del metamorfismo de baja –P/Alta T asociado a la zona de zizalla extensional de Berzosa-Riaza (Zona Centroiberica).
 - Vicente G. (2009). Reduca (Geologia). Serie regional. 1-151

LA CABRERAKO KONPLEXU PLUTONIKOA

11 SARRERA

Lan honen helburua La Cabrera konplexu plutonikoa ezaugarritzea da, bertako fazie nagusiak deskribatuz. Honez gain, arroka ostalarien erlazioak aztertu dira eta baita konplexu honen inguruko zonalde ezberdinak.

12 KOKAPEN GEOGRAFIKOA

La Cabrera Madrilgo komunitatean (Españan) kokatzen da (*1.irudia*). Madrilgo Iparraldeko mendilerroan kokatuta dagoena, Madrilgo hiriburutik 56 km-tara. Iparraldetik Noyuela, Navas eta Sieteiglesiasekin egiten du muga; ekialdetik Barruekorekin; hegoaldetik Torrelaguna eta Cabanillas de la Sierrarekin eta mendebaldetik Valdemancorekin.

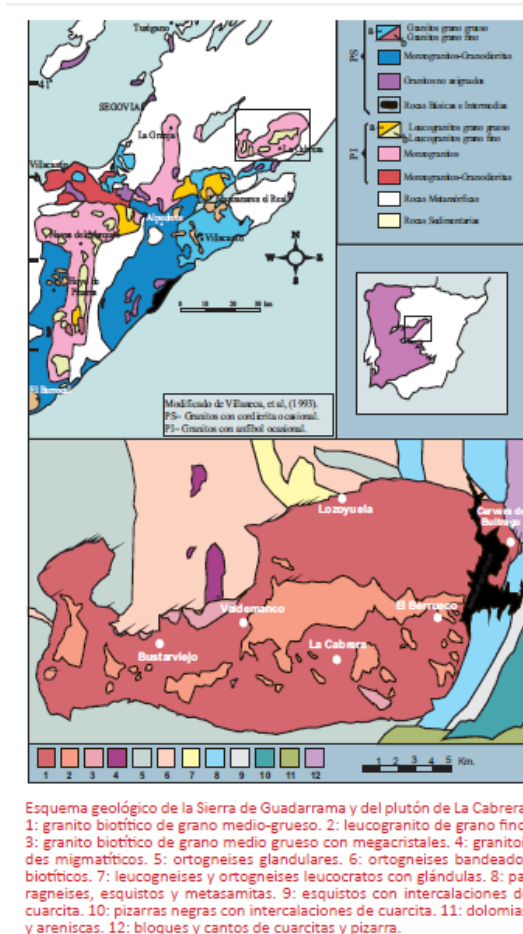


1.irudia. Iberiar penintsulako mapa geografikoa (Google maps).

13 KOKAPEN GEOLOGIKOA

Sistema Zentralaren elkarte plutonikotik (batolito) aztertuen da. Honez gain, harrobi gisa ustiatzen da Madrilgo komunitatean eta granito honen balio industrial oso garrantzitsua da.

La Cabrerako plutoia Sistema Zentraleko mazizoaren ekialdean kokatzen da (*2.irudia*). Garau larriko granito biotitiko eta garau fin-ertaineko leukogranitoz dago osatuta gehienbat.

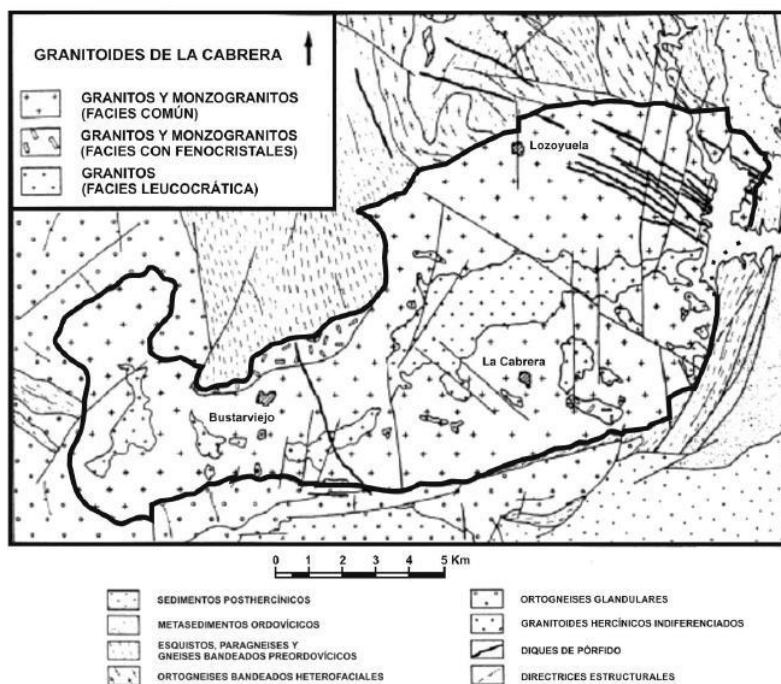


2. Irudia: La Cabrerako konplexu plutonikoaren kokapen geografikoa. Honen inguruan baita aztertutako zonalde ugari ageri dira (IGME).

Granito hau intruitzen duten ortogneisek eta material metasedentarioek Aurrekanbriar eta Ordoviziar berantiar tarteko adina dute. Arroka ostalariaren eta La Cabrera Plutoiaren arteko kontaktuak intrusiboak eta disarmonikoak dira, xenolitoak, gneisak, bretxak eta antzeko egiturak ematen dituztelarik. Kontaktutik gertu, hozketa azkarra jasan duen granitozko faziea ageri da (arroka ostalariaren eta magmaren arteko kontraste termikoa dela eta). Arroka ostalariak oso deformaturik daude, orogenia Hertziniarrean garatutako prozesu tekto-metamorfikoek eraginda. Deformazio hau agerian gelditzen da mendebaldeko migmatitan. Kontaktuak orogenia Hertziniarreko bigarren faseko foliazioa eta laugarren faseko mikrotolesturak moztu ditu, baita arroka ostalari metamorfikoko egitura migmatitikoak ere. Aipatutako egitura eta ezaugarriek ondorioztatzen dute granitoaren lekutzea eremuko prozesu tektoniko eta metamorfikoen ostekoa dela.

La Cabrera-ko plutoian ez da deformazio prozesuen ebidentziarik behatu, soilik schlieren egiturak eta bandeatu magmatikoak; egitura hauek oso garatuak daude, batez ere, montzogranito eta leukogranitoaren arteko kontaktuetan eta pegmatita ugari zonaldeetan. Arroka ostalariak ez zuen egitura aldaketarik somatu granitoa lekutu zenean, granitoan ordea ukitze-metamorfismoko aureola bat sortu zen. Hori dela eta, andaluzita, sillimanita, herzinita, korindoi eta feldespatu potasikoz osatutako paragenesi berria sortu zen, aurretik zeuden mineraletan gainezarria.

Zenbait orekan ikertutako P-T baldintzak 1.5kbar eta 675-750°C-koak dira, granitoideen baldintza geobarometrikoetan oinarrituz. La Cabrera plutoiko fazie nagusiak pikor ertain-lodiko montzogranito eta granito biotitiko osaturik daude, porfidoen zenbait barietaterekin ageri direnak. Fazie nagusi hauekin erlazionaturik pikor finetik larrirako leukogranito biotitiko ondo garatuak aurki ditzakegu; hauek masa apikal handiak, apofisi eta dikeak eratuz azaleratzen dira. Plutoiaren zona marginaletan ohikoa da aurkitzea ertz-hoztuak dituen pikor fineko montzogranitoa. Ertzeko eta erdiko fazien arteko kontaktua graduala da (3.irudia).



3. Irudia: La Cabrerako konplexu plutonikoaren mapa geologikoa non unitate granitiko intrusibo ezberdinak agertzen diren eta baita plutoia intruitzen ditueneko arroka motak (Bellido, 1979tik hartua).

La Cabrera-ko plutoiaren fazieen mineralogia nagusia kuartzoak, feldespato potasikoak eta plagioklasak osatzen dute. Biotita urria da oso eboluzionaturik dauden leukogranito eta granitoetan. Zona marginal eta zentrolean posiblea da apatitoa, zirkoia, opakoak, anfibola (Mghornblenda) eta allanita aurkitzea mineral osagarritzat; klinopiroxenoa (diopsidoa) ere egon daiteke baina arraroa da bertan izatea. Aldera eboluzionatuenetan ageri diren mineralogia osagarriak apatitoa, zirkoia, granatea, kordierita dira eta, sarritan, moskovita ikus daiteke. Azken haxe, askotan post-magmatikoa da, sekundarioa. Leukogranito oso eboluzionatu ugari ageri dira, lurrunkorretan aberatsa den magma hondarraren akumulazioaren ondorioz sortuak direnak.

Sarritan, masa pegmatitikoak beha daitezke, batez ere, granito eboluzionatuetan; kristalizazio prozesuan zehar hondar magmatikoa jariakinetan aberastu zen progresiboki. Mazioaren azalean somatzen den higadurak agerian uzten ditu fazie apikal ugari eta arroka ostalariaen roof pendants-ak ageri dira intrusioaren gainean. Leukogranitozko zenbait masatan hutsune miarolitiko ugari garatu ziren. Honek esan nahi du, jariakinen presioa eta presio litostatikoa orekatu zirela eta magmak boiling mailara heldu zela, hau da, lurrunkorren exsoluzioa eman zela, besikulak eratuz. Leukogranito peraluminosoetan ez dago muskobita primarioa.

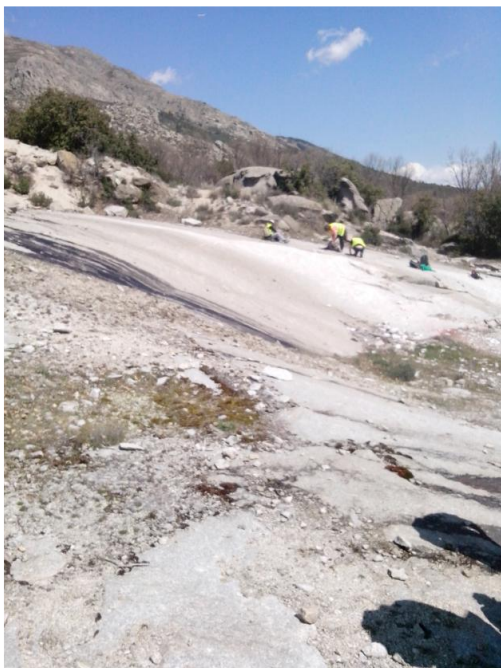
Aipatutako ezaugarriak kontuan hartuta esan dezakegu La Cabrerako plutoia sakonera txikitik leku zela. Magma leukogranitiko plutoiaren gaineko partera segregatua izan zitekeen presio-iragazketa mekanismoaren bidez. Zenbait pegmatitetan kaltzita ageri da, beraz, hondar-jariakinetan CO₂ kantitate dexente zegoen. Kontaktu gradazionalek adierazten dute gorputz montzogranitikoaren jokaera-erreologikoa plastikoa zela.

Plutoia lurrazaleko zonalde azpiasetuan lekutua egon liteke prozesu antektikoen bidez. Protolitoak material pelitiko eta graubakikoak dira. Datu isotopikoak aztertuta, Sr-aren balioa 0.7113-koa da eta Rb/Sr isokronak adierazten dute arroaren adina 279 ± 1Ma-koa dela adierazten du. Adina Vialette et al. (1981)-en interpretaziotik eskuratua izan da eta plutoiaren fazie ezberdinen arteko erlazioak kontuan hartzen dira. Datuek baieztatzen dute fazie granitiko guztien eboluzioa sistema itxian izan zela.

14 FAZIE NAGUSIAK

Jarraian La Cabrerako plutoian azaleratzen diren fazie nagusiak deskribatuko dira. Hiru nagusi bereizten dira: montzogranitoa, porfido erreolitikoa eta leukogranitoa.

14.1 MONTZOGRANITOA



4.irudia. Valdemanco harrobian aztertutako azaleramendua.

Aztertutako faziea da eta egitura masiboa aurkezten du orokorrean, nahiz eta zona batzuetan fabrika planarra izan (4.irudia). Ehundura holokristalino, faneritiko, ekigranularretik heterogranularrera, pikor ertainekoa eta hipidiomorfikoa du. Hala ere, montzogranito tipikoetan plagioklasa eta biotita kristalak nahiko euhedralak dira. Leku batzuetan ehundura porfidikoa gailentzen da, feldespatozko fenokristalak 1-2cm tamaina izanik eta arrosa apal kolorekoak dira.

Harrobiaren goiko zonaldea alteraturik dago (meteorizazioa) eta planarra da. Ehundura granitikoak erakusten dute ere.

Enklabeak kolore ilunekoak dira eta sakabanatuta ageri dira harrobian zehar. Enklabe mikrogranularrak mineral mafikoez osatuta daude, konposizio biotitikodunak. Enklabeek koroak dituzte, mineral mafiko batzuekin. Enklaberik handiena (50 cm inguruko diametro) granito zatiak ditu barnean eta fenokristalak ere bereizten dira. Ostalariak magma mafiko bat

asimilatu du egoera erdi-likidoan ostalaria hoztuta zegoelarik, enklabe biribilduak dira, ez angelutsuak; enklabeak egoteak magmen arteko nahas ezintasuna adierazten du. Enklabeen ertzean pikor tamaina txikiagoa da eta handitu egiten da erdialderantz. Enklabeen eta magma ostalariaren artean difusio kimiko zein fisikoa eman da. Bestalde, enklabe elongatu metasedentarioak daude, arroka metamorfikoen zatiak dira, xenolitoak, ukitze metamorfismoa jasan dutela dirudi eta arbela dirudite pikor tamainagatik.

Enklabeak bereganatzeaz gain, montzogradito hauek pegmatitak barneratzen dituzte. Hauek kuartzo eta plagioklasazko zain moduan agertzen dira, pegmatita oso azidoak. Zainak meheak eta jarraiak dira, tamaina zentimetrokoak dituztelarik. Pegmatita hauek, sinplutonikoak dirnak zonatuta ageri dira, kanpoan plagioklasa eta barnean kuartzoa dutelarik.

Mineral nagusiak kuartzoa, plagioklasa, feldespato potasiko pertitikoak eta biotita dira, osagarriak, apatito, zirkoia, opakoak, allanita, esfena eta anfibolak direlarik. Mikroskopioz behatu ahal izan diren ezaugarriak honakoak izan dira: ehundura poikilitikoko arroka dela ikusten da; kuartzoak askotan pikor ekidimentsionalak garatzen dituzte, tenperatura altuek eragin ahal izan dituztenak; kasu batzuetan biotita kloritara alteratura agertzen da; feldespato potasikoak pertitak edo lamelak ditu, hortaz mikroklina da eta plagioklasak makla polisintetikoak.

Pegmatita hauetan askotan, hutsune miarolitikoak (5.irudia) garatzen dira.



5.irudia.Hutsune miarolitikoa pegmatitan.

Azkenik, fazie honetan aplitak agertzen dira. Ehundura sakaroideo tipikoa aurkeztzen dute eta pikor tamaina 1mm ingurukoa da.

Mineralogia, aurretik aipatutakoa da, biotita, kuartzo, feldespato potasikoa eta plagioklasa dutelarik. Ehundura granitiko tipikoa erakusten du montzogradito honek.

14.2 PORFIDO ERRIOLITIKOA

Egitura masiboa du eta fabrika isotropoa. Mineralogia nagusia, kuartzoa, feldespato potasikoa, plagioklasa eta biotita dira. Mineral osagarritzat opakoak, piroxenoak eta anfibolak daude eta epidota mineral sekundario modura.

Feldespato potasikoz osaturiko fenokristal (6.irudia) subidiomorfo tabularrak (0.5-5cm) aurkeztzen dituzte kuartzo inguratuak, matrize porfidikoan barnetarurik; ehundura afanitiko porfidikoa erakusten duelarik. Fenokristal txikiagoak ageri dira masa mikrografiko-granofidiko eta beiratsuan. Plagioklasazko fenokristalak idiomorfoak dira eta <1cm-ko tamaina dute. Biotitazko fenokristalak idiomorfoak dira eta <5cm-ko tamaina dute. Mineraletan alterazioak bereizten dira, plagioklasa serizitara eta biotita kloritara. Fenokristal hauek, sarritan fluxuzko-foliazioa aurkeztzen dute. Ertzetan pikor finagoa da orokorrean, zonazio bat erakusten du erdialderuntz.

Konposizio erriolitikoa duen arroka azpibolkaniko honek forma tabularra du.



6.irudia. Feldespato potasiozko fenokristalak arroka porfido erriolitikoan

14.3 LEUKOGRANITOA

Erlike positiboaa ematen duen unitatea da, gogortasun handikoa eta kolore argi batez azaleratzen da izaera azidoa agerian utziz. Mineralogia nagusia, kuartzoa, plagioklasa, feldespato potasiko pertitiko da eta osagarri gisa, biotita, moskovita eta granatea ageri dira. Plagioklasa eta biotitak subhedralak dira eta gainerakoak nahiko anahedralak. Feldespato potasikoan kuartzoko inklusioak ageri dira, beraz, azken hauek zaharragoak dira. Plagioklasek zonazioa erakusten dute, konposizio aldaketa bat dagoelako nukleoaren eta kanpoaldeko konposizioaren artean.



7.irudia. Leukogranittoa kordieritazko noduluekin.

Kordieritazko noduluak modu heterogeneoan pilaturik ageri dira eta sakabanaturik daude, inolako distribuzio logikorik jarraitu gabe. Kolore gris-berdetsua dute, baina alteraturik daudenean marroixkagoak bilakatzen dira. Forma esferiko zein elipsoidala aurkezten dute eta tamaina 2.5 eta 10 cm artekoa da. Noduluaren inguruan feldespato potasikoazko aureola leukokratikoa somatzen da, biotitan txirotua. Pikor tamaina, finetik ertainera doa eta noduluak kuartzoz, plagioklasaz (albitikoa) eta kordieritaz osaturik daude. Kuartzo eta plagioklasa subhedralak dira eta kordierita anahedral interstiziala. Zenbait kasutan, kordieritak noduluaren bolumenaren %30-40 osatzen du.

Feldespato potasikoa eta plagioklasa serizitara alteraturik daude. Feldespato potasikoa lamelak erakusten ditu, hortaz mikrokлина bezala identifikatu da eta plagioklasek makla polisintetikoak. Biotita kloritara aldatuta dago, eta beste mika batzuk ere ageri dira, moskobita esaterako. Tarteka, biotita feldespato potasikoaren barnean ageri da, beraz, zaharragoa da. Arroka heterogranularra da, kuartzozko kristal handiez (8mm arte) eta biotita agregatuz osaturik dagoena matrize leukokratiko batekin. Enklabeak oso urriak dira eta cm batzuetako tamaina duten biotita mikrogranularrei dagozkie. Bestalde, montzogranitoaren enklabe gutxi batzuk ere aurki daitezke.

14.4 APLITA

Leukogranitoaren konposizio berdintsua erakusten du aplitazko unitate honek baina miken kantitate askoz txikiagoarekin. Unitate honen mineralogia nagusia, kuartzoa, plagioklasa eta feldespato potasiko pertitiko da, mikazko oso pikor txikiak eta urriak agertzen direlarik, batez ere biotitazkoak.

Mineralen pikorrak milimetrikoak dira, kuartzozkoak eta plagioklasazkoak direlarik handienak. Hala ere mikroskopioz bereizten dira.

1-3 metroko lodierako unitatea da, osaera eta itxura txuriagatik jatorri azidokoa dena.

15 FAZIE EZBERDINEN ARTEKO HARREMANAK

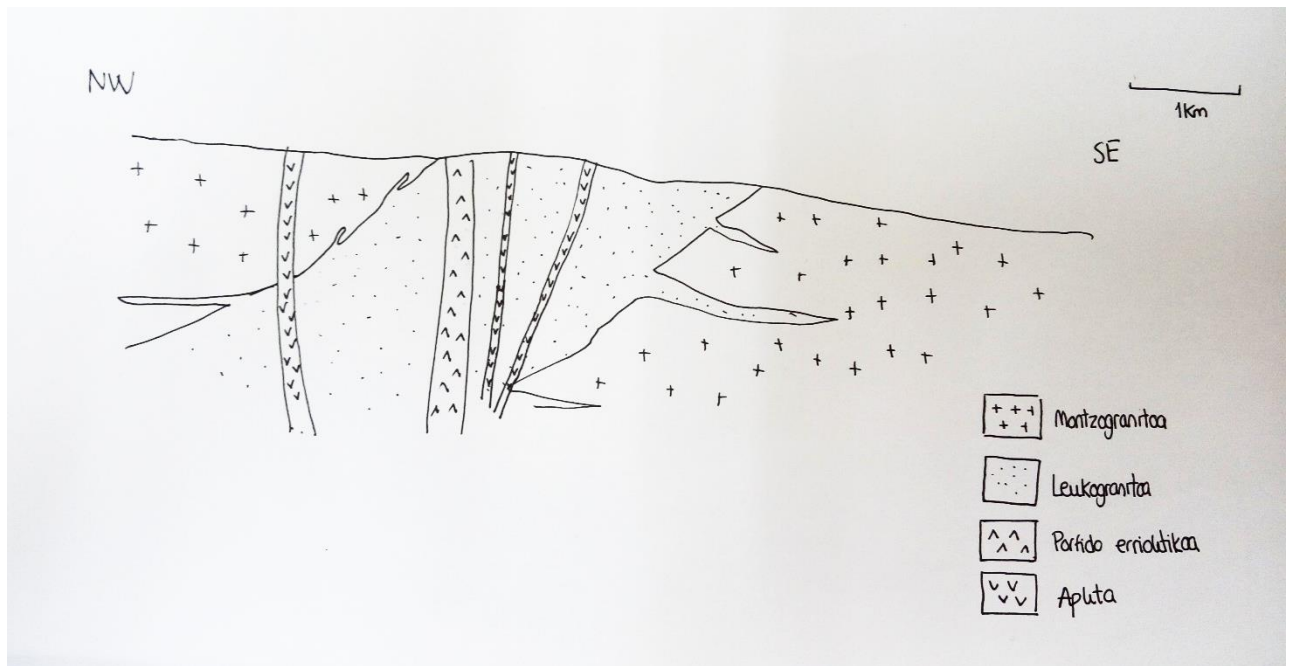
15.1 BUSTARVIEJO

Bustarviejo herria La Cabrerako konplexu plutonikoaren hego mendebaldeak kokatzen da. Bertan La Cabrerako plutoia azaleratzen da eta ibilbide honetan (8.irudia) (NW-SE norabidean egindakoa) zehar lau fazieak ezberdintzen dira; montzogranito biotitiko, porfido erriolitiko, aplitak eta leukogranitoak.

Hego ekialdean montzogranito faziea aurkitzen da eta hauen artean porfidozko dike multzo ezberdinak eta aplitazko dikeak daude. Dike hauen lodiera zonaren arabera aldakorra da, leku batzuetan 1-2 metro ingurukoa izanik eta beste batzuetan 15 metro ingurukoa.

Ipar mendebalderantz hurbildu ahala leukogranitoak azaleratzen dira. Aurrerago leukogranitoen eta montzogranitoen arteko kontaktua bihurgunetsua eta irregularra da, leukogranitoa montzogranitoan sartzen delarik. Hortaz, leukogranitoa gazteagoa dela ondorioztatzen da jatorrian montzogranitoa zegoelarik. Leukogranitoen tarte batzuetan, arestian aipaturiko kordieritazko noduluak aurkitzen dira.

Azkenik, metro askotako potentzia daukan porfido erriolitikoaz osatutako dike bat aurki daiteke, non dike honetako bi mugetako kontaktuak zuzenak diren. Dike porfido erriolitikoak plutoia zein arroka ostalaria mozten ditu, honek dikea fazie gazteena dela adierazten duelarik. Granito eta dikearen arteko muga garbi ikusten da eta horren norabidea N340E, 82E da. Muga garbiak dira granitoaren eta dikearen artekoak, hau da ez dira gradualak, baina zartadura ugari daude. Muga garbiak esan nahi du granitoa hoztuta zegoela dikea sortu zenean. 16-20 metroko lodiera du eta dike konplexua da, zizaila zonak egonik. Dikeak granitoaren enklabeak barneratuta ditu.



8.irudia. Bustarviejoko zehar-ebakia.

16 OSTALARIA ETA PLUTOIAREN ARTEKO HARREMANA

Atal honetako helburuak granitoideak inguruko deformazio nagusiarekiko duen harreman tenporala (aurre-sin-post) eta intrusio mota zehaztea dira.

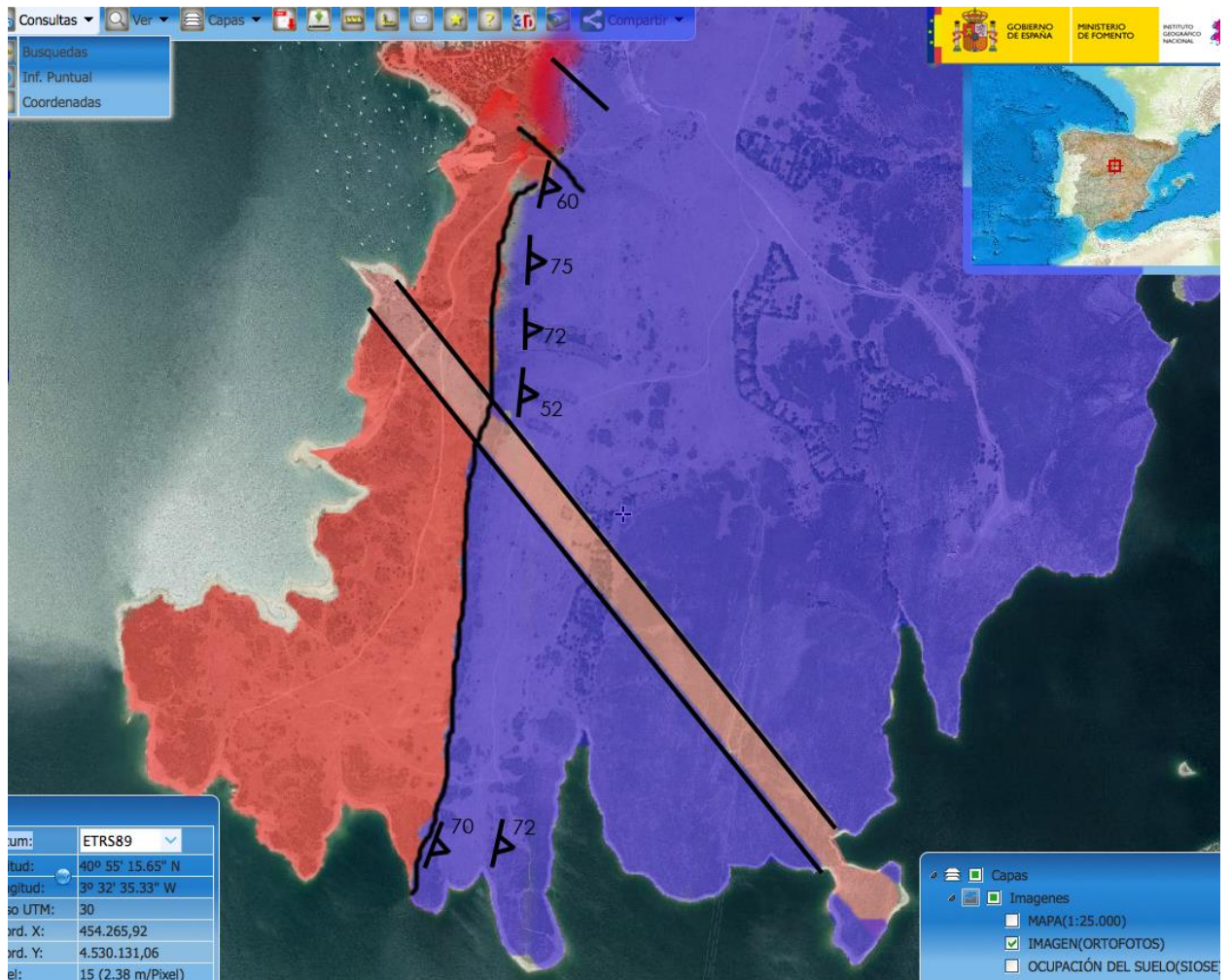
La Cabrera plutoiaren arroka ostalaria deformaturiko granitoetatik eratutako arroka metamorfikoek osatzen dute, zaharragoa den ziklo magmatiko batetik eratu zirenak eta Orogenia Cadomiarrari lotuta daudenak agian. Bere adina 480-460 milioi urtekoa da (Behe Ordoviciarra, Paleozoikoa) eta hauen ondorengo kristalizazioa pasa ondoren, arroka hauek deformatuak eta metamorfizatuak izan ziren Orogenia Hertziniarrean (350-320 milioi urte).

Metagranito (gneiss) hauetan enklabe ugari aurkitu daitezke, izaera xenolitikoa dutenak. Hau dela eta, S motako granito taldeei asoziatuta daude, granito horietan nahiko arruntak direlarik.

Kuartzo, feldespato potasikoa, mikak eta plagioklasak dituzte nagusiki gneiss hauek. Feldespatozko megakristal ugari biratuta agertzen dira eta biraketa horren ondorioz, presio itzalak garatu dituzte. Honez gain, arroka fabrikak S-C motako bandak garatuta ditu. Hortaz, arroka hauetan eragina izan duten indarrak estentsionalak izan zirela ondoriozta daiteke.

17 MAPAK

17.1 CERVERA



Porfido erriolitikoa

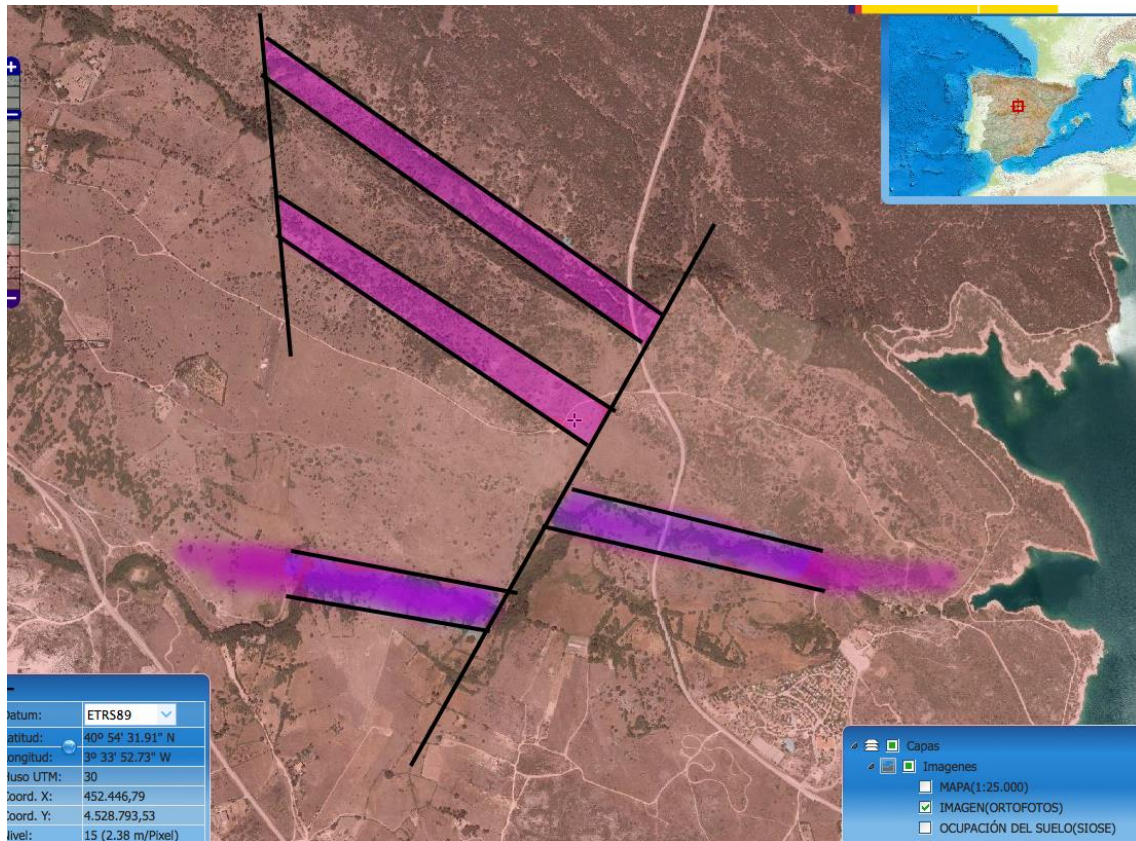


Arroka metamorfikoak



Plutoia

17.2 KANPING-EKO GERALEKUA



Porfido erriolitikoa



Aplita



Plutoia

18 BIBLIOGRAFIA

- Bellido, F., 1979. *Estudio petrológico y geoquímico del plutón granítico de La Cabrera*. Tesis doctoral, Universidad Complutense, Madrid, 331 pp.
- Bellido, F., Barrera, J.L., 1979. Nódulos cordieríticos en el plutón granítico de La Cabrera (Sistema Central Español). *Estudios Geológicos* 35, 279-284.
- Casquet, C., Montero, P., Galindo, C., Bea, F., Lozano, R., 2004. Geocronología $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ en cristal único de circón y Rb-Sr del plutón de La Cabrera (Sierra de Gudarrama). *Geogaceta* 35, 71-74.
- González del Tánago, J., Lozano, R., González del Tánago Chanrai, J., 2008. Plutón de La Cabrera, pegmatitas graníticas y alteraciones hidrotermales. *Bocamina* 21, 13-99.
- Lozano, R., 2003. *Petrología de los rellenos cálcicos hidrotermales de las cavidades miarolíticas del plutón de La Cabrera*. Tesis doctoral, Universidad Complutense, Madrid, 373 pp.
- Guía campamento multidisciplinar 2014.

CAMPO DE CALATRAVAKO EREMU BOLKANIKOA

19 SARRERA

Campo de Calatrabako eremu bolkanikoa, Penintsula Iberikoko, gaur egungo, hiru eremu bolkaniko garrantzitsuenetariko bat da. Aktibitatea berriki gertatutakotzat hartzen da eta eremu aktibo gisa dago sailkatuta.

Lan honen bitartez eremuko lau bolkanen jarduerak azalduko dira; Cabeza Parda bolkana, Almodovar de Campo bolkana, Arzollosa de Piedrabuena bolkana eta Cerro Gordo bolkana; horrela eremuko litologia, bolkanismoa eta aktibitate magmatikoa ulertzeko asmoz.

20 KOKAPEN GEOGRAFIKOA

Campo de Calatraba eremua Castilla la Mancharen mendebaldean (1.irudia) kokatzen den Ciudad Realeko probintziaren erdialdean kokatzen da.

Hogeita lau udalerriz osatutako eremu historikoa da, 2720 km²-tuz osatuta.

Ciudad Realek iparraldetik Toledorekin egiten du muga, ipar-ekialdetik Cuencako probintziarekin, ekialdetik Albaceteko probintziarekin eta hegoaldean Kordoba eta Jaén probintziekin limitatzen du.



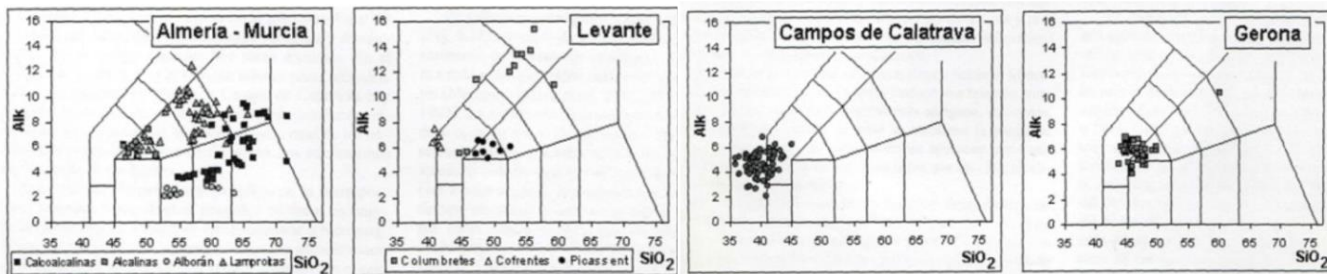
1.irudia. Campo de Calatrabako kokapena Iberiar Penintsula (google maps)

21 KOKAPEN GELOGIKOA

Lurralde espainiarrean, oraintsuko bolkanismoko lau eremu nagusi existitzen dira: NE edo Geronakoa, Zentrala edo Campo de Calatravakoa, SE edo Almeria- Murciakoa, eta Levante edo Balentzia golkoa. Azken bietako emisioen parte handi bat urpekoak izan ziren eta egun itsaspean aurkitzen dira. Beste azaleramendu sakabanatu batzuk ere sar daitezke Iberiar Penintsulako bolkanismoan, esaterako mendikate Betikoaren inguruan agertzen diren dike toleitiko multzoa (Torres Roldán, et al., 1996) edo Ebro arroko arroka bolkanoklastikoak (Odín et al., 1997). SE Espaniarrakoen antzeko konposizio eta adina daukate ere Melilla eta gertuko eremuek, Marruekoaren NE eskualde bolkanikoa osatzen dutelarik.

Eremu honetan aberastasun litologiko oso handia ematen da, izan ere tamaina aldetik bolkanismo honek barne biltzen duen eremua oso txikia da eta bereizgarri egiten duena TAS diagramen bidez (2.irudia) aztertu den litologia aniztasuna da. Isla de Alborán eta Béticasetan arroka toleitikoak daude. Ipar ekialdean kalkoalkalinoak, kalkoalkalino potasikoa eta soshonitikoak. Lau eskualdetan arroka alkalinoak daude. Campo de Caltrava eta Levante arroka

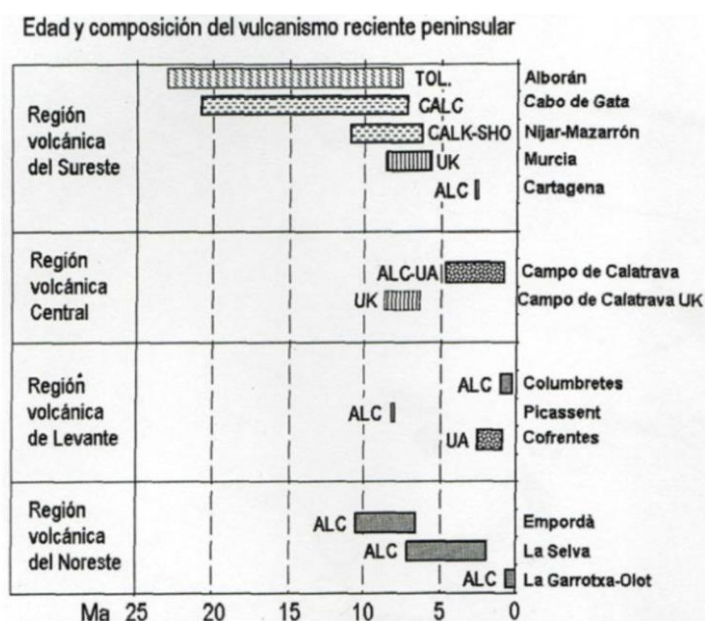
ultraalkalinoak azaleratzen dira, eta azkenik Murcia eta Campo de Calatravan arroka ultrapotasikoak daude, hegoekialdeko kasuan, lamproitikoak direnak. Bai lamproita, eta bai Campo de Calatravako leuzitita olibinikoen kasuan, Europan bakarrak diren arroken aurrean gaude.



2. Irudia: Eskualdeko bolkanikoetako arroken proiektzioa TAS diagraman.

Aniztasun litologiko hau ugaritasun bolkanogenikoaren ondorioz ematen da, aurki daitezkeen egituren artean, honako hauek daude: eraikin monogenetiko txikiak, erupzio estromboliar edo hidromagmatikotik sortu direnak, magma alkalino eta ultralkalinoen kasu. Baita eraikin monogenetikoak (domo eta konoak) magma ultrapotasikok eta eraikin konplexuak, galdaren garapenekin, intrusio domatiko ugariak eta produktu piroklastikoak (sarritan, itsaspeko izaera) magma kalkoalkalinoen kasurako.

Aktibitate bolkanikoaren adina, Miozenotik gaur egun artekoa da (3.irudia). Konposizio eta adinaren arteko lotura bat ezarri daiteke. Magma zaharrenak, Miozenokoak, subalkalinoak dira. Hauen barruan konposizio-adina arteko polaritatea mantentzen da: arroka toleitikoak, kalkoalkalinoak baino lehenago agertzen dira, eta era berean, hauek kalkoalkalino potasiko eta soshonitikoak baino lehen. Jarraian, Goi-Miozenoko (8.7- 5.7 Mu) magma ultrapotasikoak, eta azkenik alkalino eta ultralkalinoak, batez ere Pliozenotik gaur egunera arte, Girona (bereziki Ampurdanen) eta Picassent-en kasurako aktibitate alkalinoa lehenago hasten den arren.



3. Irudia: Penintsulako azaleramendu bolkanikoen K/Ar adinak eta konposizio kimiko orokorra.

*TOL: arroka toleitikoak; CALC: arroka kalkoalkalinoak; CALK: potasiotan aberatsak diren arroka kalkoalkalinoak;
SHO: arroka shoshonitikoak; ALC: arroka alkalinoak; UA: arroka ultralkalinoak;
UK: arroka ultrapotasikoak.*

22 CALATRAVAKO EREMU BOLKANIKOA

Campo de Calatravako eskualde bolkanikoak (Calatravako Probintzia Bolkanikoa ere deitua), Olot, Geronan, eta Cabo de Gatarekin, Almerian, batera, Penintsula Iberikoko oraintsuko bolkanismoaren hiru zona garrantzitsuenak osatzen ditu (4.irudia). Honen aktibitatea 8.7 eta 1.75 Mu artean garatu zen, hots, Pliozeno eta Kuaternario bitartean. Hortaz, nahiko aktibitate gaztea da, eta honek eraikin bolkanikoek bere jatorrizko morfologia parte batean nahiko ondo gordetzea, eta hauen produktuak egun arte behatuak izateko egoera honetan kontserbatu izana ahalbidetu du. Eskualde bolkanikoaren estentsio totala 5000 km² da, eta 300 eraikin bolkaniko desberdin biltzen ditu gutxi-gorabehera. Sumendi handienek 2-3 km-tako diametroa eta 400 m-ko altuera dute. Eskualdean barruan sartzen diren herri nagusiak Ciudad Real, Almagro, Daimiel eta Puertollano dira.

Columba bolkaneko deposituen gainean egindako datazioek, 10.000 urte baino beheragoko adinak ematen dituzte. Hortaz, probintzia bolkaniko hau, zona bolkaniko aktiboaren artean sartua izan da Smithsonian Institute (Global Vulcanism Program) bidez. Datazio hauek komunitate geologikoaren artean eztabaida asko sortu dituzte, izan ere ikerlari edo geologo askok ez dute uste eremu honek aktibo gisa kontsideratzek inongo irizpiderik ezartzen duenik.

22.1 PETROGRAFIA

Campo de Calatravan agertzen diren material bolkanikoak izaera efusibo eta leherkorrekoak dira. Batetik errautsak, lapilliak, eskoriak, bloke labikoak eta bombak daude; bestetik, morfologia bariatuko laba koladak, aa eta pahoe-hoe. Magmak beti dira basikoultrasikoak. Sumendi hauetatik jaurtzen diren arroak melilita olibinikoak, limburgitak, nefelinita olibinikoak, basaltoak eta basanita edo leuzitita olibinikoak. Ehundura bariatateak arroka porfidiko masibo, piroklasto eskoriazeo eta depositu hidromagmatikoei dagokie.

22.2 BARIETATE PORFIDIKO MASIBOAK

Barietate mota hauek ehundura porfidikoa erakusten dute. Olibino fenokristalak edo olibino eta piroxenoak matrize mikrokristalino- beiratsuan, augita, burdin eta titanio oxidoak (magnetita-ilmenita) eta olibino mikrokristalez osatua dagoena. Gainera plagioklasa, feldespatoideak (nefelina, leuzita), melilita eta beira aurkeztu dezakete, proportzio aldakorretan, sailkapen petrografiko zehatzagoa ahalbidetzen dutenak.

22.3 BARIETATE PIROKLASTIKO ESKORIAZEOAK

Barietate piroklastiko eskoriazeoak arroka oso bakuolarrak, pumita edo pomez itxura dutenak, dira. Tamainu aldakorreko arroka hauen fargmentuez osatutako masak eratuz agertzen dira. Tamainak pikor oso fineko material metaketatik, errautsak, bloke handiko

metaketaraino joan daitezke, zentimetro edo dezimetroko tamainako fragmentuen metaketa heterometrikotik pasatuz, lapilliak. Tamaina askoz handiagoko bomben presentzia ugaria da.

22.4 DEPOSITU HIDROMAGMATIKOAK

Depositu hidromagmatikoek ondo estartifikatutako deposituak osatzen dituzte, zeintzuetan fazie planarrak, geruzapen paraleloa eta geruzapen gurutzatua duten fazieak desberdintzen diren. Gainera material ez bolkanikoko bomba handiak agertzen dira (kuartzitak orokorrean). Gutxi kontsolidatutako eta heterometrikoak diren toba litiko edo litikokristalinoei dagokie, orokorrean paleozoikoko arroka (kuartzita, arbelak) zatiz osatuak, baita tertziaroko arroak, eta ez dira ugariak material bakaniko kogenetikoak (zati basaltikomelilitiko-nefelinitikoak, olibino kritsalak, piroxenoak, etab.).

22.5 GEOKIMIKA

Ikuspuntu geokimikotik, Campo de Calatrava eskualde bakaniko arroak, arroko basiko eta ultrabasikoak dira (TAS diagrama begiratu). Barneplakako magmatismo alkalino bati dagokie, tasa baxuan emandako goimantuen fusio partzialaz sortua. Magmak likido primarioak izango lirateke, Ni eduki altuak, eta Mg ($\text{MgO}/\text{MgO}+\text{FeO}$) parametroaren balore altuak adierazten duten bezala.

Karaktere geokimiko hauek, eta hauen eboluzio espazial eta tenporalaren azterketak, Campo de Calatrava eskualdeko magmatismoa puntu bero baten existentziarekin erlazionatua egon daitekeela ezartzen du, non puntu beroa lurrazal igoera prozesu batekin asoziatua egon zitekeelarik, posibleki, “rifting” prozesu abortatua.

23 BOLKANAK

23.1 BULKANISMO MOTAK

23.1.1 Bulkanismo Estromboliarra

Bulkanismo leherkor estromboliarrak sumendi koniko txikiak eratu zituen (eskoria konoak), egun mendotz biribilduetara degradatuak, forma tronkokoniko semiesferikotara doazenak higadura graduaren arabaera. Hauen diametroak 100m-tik 2 Km-tara doaz eta altuerak 20- 120 m bitarte. Depresio motako kraterrak bakarrik identifikazten dira noizik behin, forma zirkularra edo herradura modukoa dutenak. Sumendi hauetatik garrantzi desberdineko koladak ateratzen dira, 6-7 Km luze izaterra hel daitezkeenak. Sumendi mota hauetako adibide hoberenak La Yezosa, Almagron, eta Cerro Gordo, Valenzuela de Calatrava, dira.

23.1.2 Bolkanismo Hidromagmatikoa

Bulkanismo hidromagmatikoan, erupzio leherkor freatomagmatikoak eta freatikoak ematen dira. Bolkanismo mota hau da eskualdean ohizkoena, eta eraikin bolkaniko karakteristikoen eragile da, maar-ak. Maarak erliebe negatiboko krattera duten sumendiak

dira, sustratu prebolkanikoan indusiak; batzuetan toba eraztuna kontserbatuta dute. Hauen diametroak 1- 1.5 Km izatera hel daitezke, eta tipikoenen artean, Hoya del Mortero, Pobleten.

23.1.3 Bolkanismo Hawairra

Eskoria konoak osatzen dituzten depositu piroklastikoen artean, eta ugaritasun gutxiagoz maarak osatzen dituzten depositu piroklastikoen artean, spatter, kolada eta laba masak laba iturriz elikatuak, eta tefra akhnelitikoak (Pele ileak eta Pele malkoak) aurkitzen dira lokalki. Material bolkaniko guzti hauek, hawaiar motako erupzio fase leherkorretan sortuak izan ziren (laba iturriak). Ohizkoa da aktibitate hidromagmatiko, estromboliarra eta hawaiar momentuak gertatzea emisio zentro beretik (e.g., Volcán de las Herrerías, Bolaños).

23.2 CABEZA PARDA BOLKANA

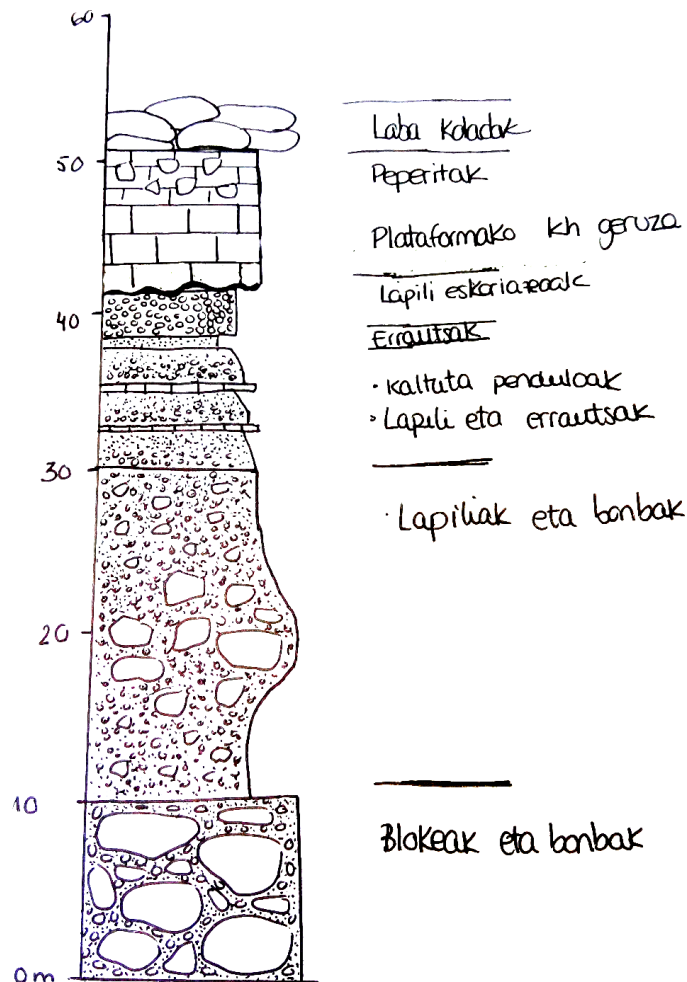


4.irudia. Erupzio bolkanikoan eroritako bonba bat

Harrobi batean egin da azterketa eta kareharrizko oinarritik laba koladetaraino. Kareharriak ageri dira oinarrian eta inklinatuta ageri dira, N080E, 30NW norabidean. Baskulatzen duten “antilope” failaz moztuta dago. Honen gainetik bonba osoak (4.irudia) zein fragmentatuak eta lapiliak (bonben hausturez sortuak) ageri dira, errautsen presentziarik gabe. Nahiko tarte masiboa da, aske edo zementatuta azaleratzen da baina ez soldatua. Zementazioa kaltzitaz edo xeolitaz burutzen da. Zain luzeak edo “corteza de pan” egitura du, barnean gordetako gasak eraginda. Estratifikazio bat ezarri daiteke bonbak erortzean sortzen dituzten egiturengatik. Lapili geruza finagoak metatuta dauden lekuan kaltzita penduluak daude, azaletik filtratutako urek sortutakoak.

Beranduago material sedimentarioak eta bolkanikoak tartekatzen dira, peperita bezala ezagutzen direnak.

Hona hemen zutabe estratigrafikoa (5.irudia):



.5.irudia. Cabeza Pardako zutabe estratigrafikoa.

Bloke eta bonbak eratu zirenean erupzioa estroboliarra izan zen, segundo gutxiro erupzio bat, gerora bitartekoa bilakatuko zena eta azkenik estronboliar bortitza eta errautsak eratu ziren.

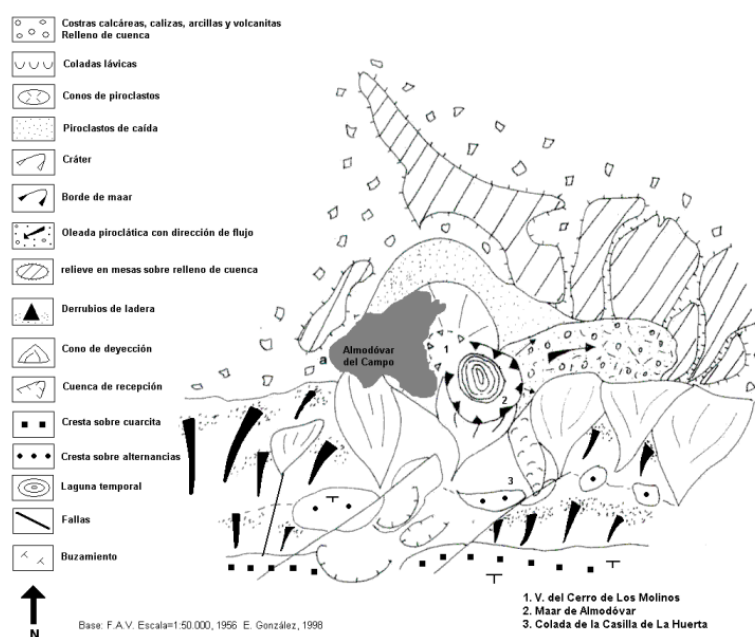
23.3 ALMODOVAR DE CAMPO BOLKANA

Bolkan honetan bi material ezberdintzen dira: piroklasto kontsolidatuak eta surge deposituak. Piroklasto kontsolidatuak sailkatuz, basaltoak dira. Hala ere, zonalde batzuetan ez daude guztiz kontsolidatuta baino orokorrean kontsolidatutzat hartzen dira. Bonbak eta lapiliz osaturik daude material hauek eta kuartzitazko eta lutitazko fragmentu litikoak aurkitzen dira

baita. Errautsik ez dago material bolkaniko hauetan eta beraz, erupzio estromboliar bati dagokio. Mineralogiari dagokionez, olibino, plagioklasa eta klinopiroxeno mineralak visuz ikus daitezke. Cabeza Gorda bolkanaren erupzio estromboliarreko materialen garaikideak dira hauek.

Surge deposituak kuartzita eta lutita klastoez osatuta daude eta orokorrean ez daude kontsolidatuta. Lapiliko tefrak eta bloke litikoak dira nagusi eta zonalde honetan bi maila ezberdintzen dira; batetik masiboa eta bestetik, klasto litikoak eta jubenilak estratifikazioa oso ondo garatuta dutenak, xafladura paraleloaz gain. Deposituek itxi baten bidez eratu ziren, erupzio freomagmatiko baten bidez. Maar izeneko erliebe negatibodun bolkanetan. Erupzio hau hiru pultsotan bereizten da, lehenengo pultsoan leherketa bretxa klasto handiak daude, bigarren pultsoan geruza masiboak metatu ziren eta hirugarren eta azkenean fazie planarrak, geruzapen gurutzatua erakusten dutenak.

Almodovar de Campo eremu konplexua da eta hona hemen eskema (6.irudia):



6.irudia: Almodovar de Campo bolkanaren eskema (<http://www.uclm.es/>)

23.4 ARZOLLOSA DE PIEDRABUENA BOLKANA

Bolkan honetako aktibitatea oso intentsoa eta aldakorra izan da denboran zehar. Erupzioak bai bortitzak eta bai efusiboak izan ziren. Bolkan honen erupzio mota hawaiar eta estromboliarra izan zen.

Bolkan honen jatorria dike batean dago, gaur egun azaleratzen dena. Dike horretatik bolkana sortu zen (8.irudia) eta gaur egun ikusten den konoa eratu zen.

Konoa kanpoaldetik barnealderantz, kratererantz (ipar-mendebaldetik hegoalderantz aztertuko da) aztertzen baldin bada, lehendabizi ostalari gisa kuartzita armorikarra eta klastoak aurkituko dira (1x). Aurrerago joan ahala, laba koladen eta material klastikoen depositua estratifikatua dagoela bereiz daiteke. Errautsa eta lapili kontsolidatua,

hau da lapili toba, bereiz daitezke material piroklastoen artean, tarteka bonbak ere ageri dira. Lapili kontsolidatuan klatoak afanitikoak dira eta tarteka beira zatiak ere ageri dira (2x).

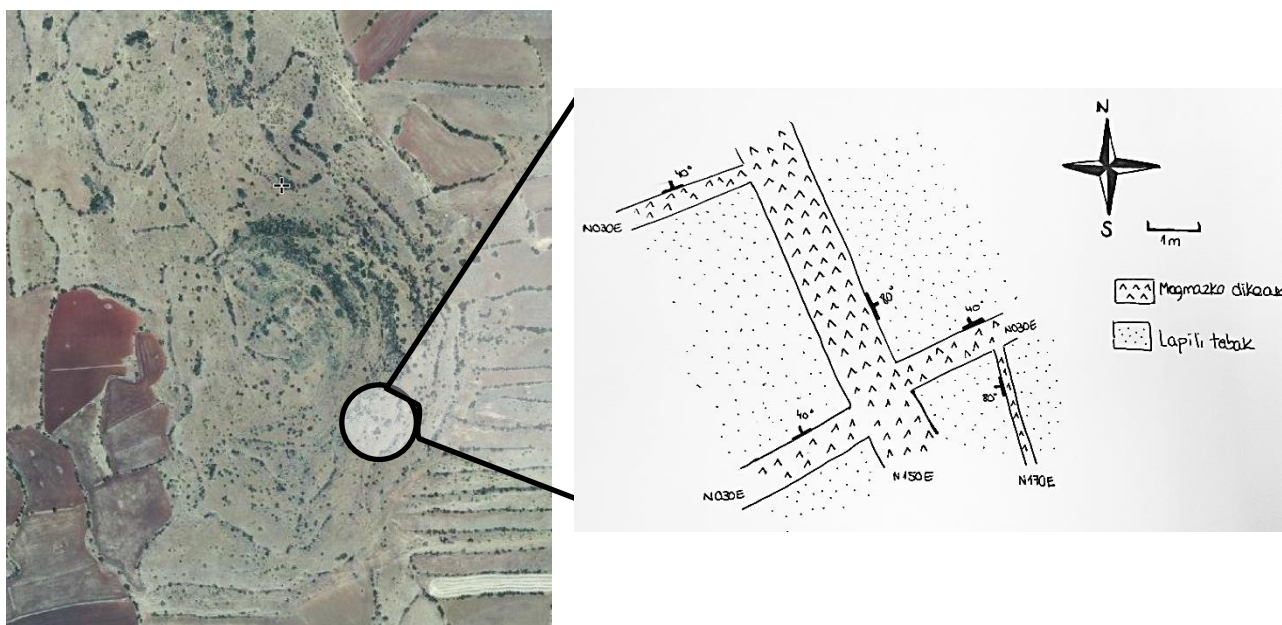
Dikea nahiko arroka bigunez osatuta dago izan ere haustura irregularra ematen du, ez granitoak emango lukeen bezala. 0,5m-tik 1,35m-ra neurtzen dituen dikea da, eta konoaren ipar mendebaldetik azaleratzen den dikeak N170E norabidea du eta ia-ia bertikala da. Dikean zeolitazko amigdalak agertzen dira tarteka (3x).

Spatte soldatuen deposituak agertzen dira kraterretik hurbil eta kraterretik barrualderantz okertzen dira, konoari forma emanez. Okerdurak aldakorak dira: N160E, 85SW (4x)-n eta N180E, 60SE orientazioa (6x)-n. Ereku batzuetan spatteak "lavalike" izena hartzen dute, izan ere spatteak hain dira konpatoak laba itxura hartze dutela.

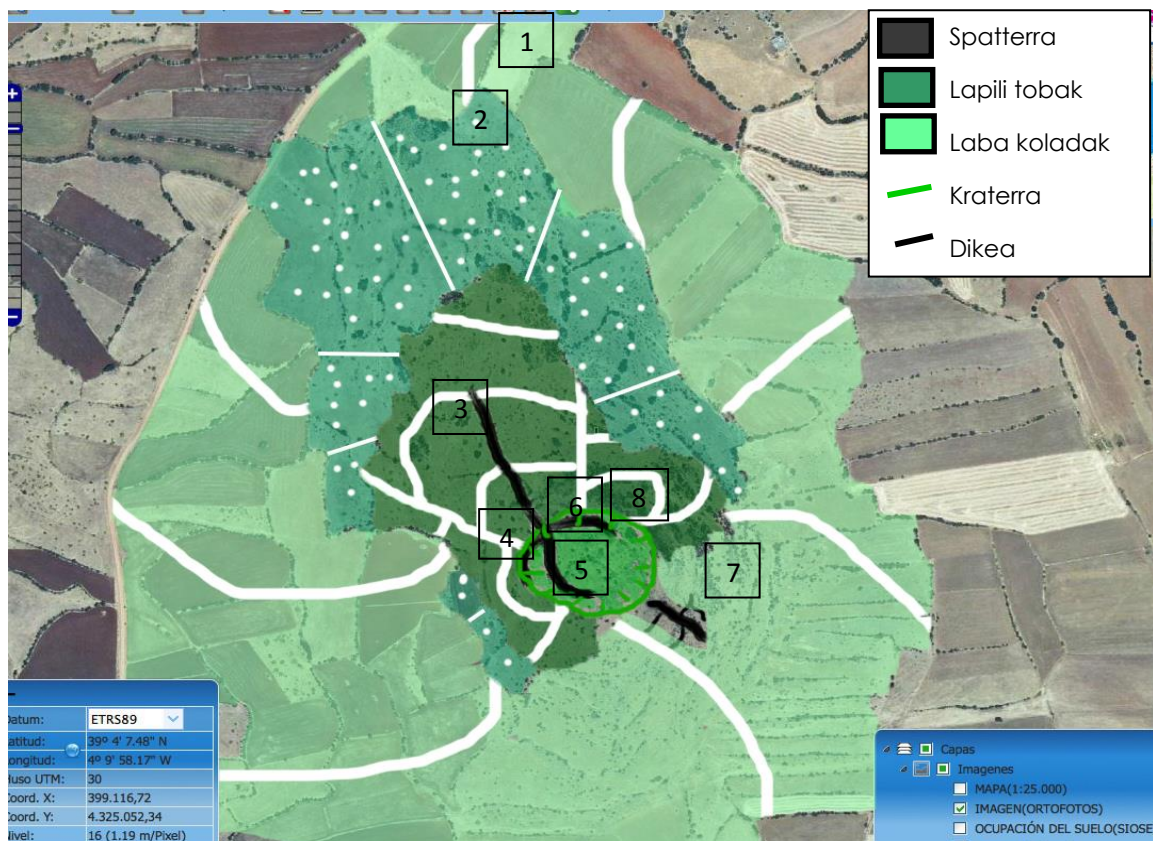
Kraterren erdigunean dikea hirutan bereizten da eta erdiko dikeak N060E, 80NW orientazioa du. Beste bi dikeek forma zirkular bat hartzen dute, kraterren perimetrea jarraituz gutxi-gorabehera (5x).

Kraterren ekialdean (7x) spatte egiturak desagertu eta tobara aldatzen da litologia. Tobak ereku horretan hartzen duen orientazioa N120E, 20SW-koa da. Gune horretan tobak dike konplexuekin tartekatzen dira eta laba koladekin (7.irudia). Labek 10-15km-ko potentziak dituzten eta dikeek 0,2-1m bitarteko lodierak. Dike horiek elikatzen dute kratera, elikadura-sistema fisurala du bolkanak hortaz.

Konoaren gune batzuetan (8x) kraterren inguruko hormek kolapso grabitazionala pairatu dute, 3-5m-tako luzera duten tarteak dira gutxi-gorabehera.



7.irudia. Kraterren ekialdeko dike eta lapili toben tartekatzea.



8.irudia. Arzollosa de Piedrabuena bolkanaren eskema (Ministerio de España-moldatua)

23.5 CERRO GORDO BOLKANA

Cerro Gordoko erupzioan bi fase nagusi bereizten dira, 15m inguruko zutabe bat eraiki da (x.irudia). Lehendabizi pahoa-hoa laba koladak metatu ziren, aa-laba koladak. Pahoa-hoa koladek zaldi-ahulki itxura hartzen dute toki batzuetan. Honen gainean autobretxak daude, laba-kolada izandakoaren bretxak.

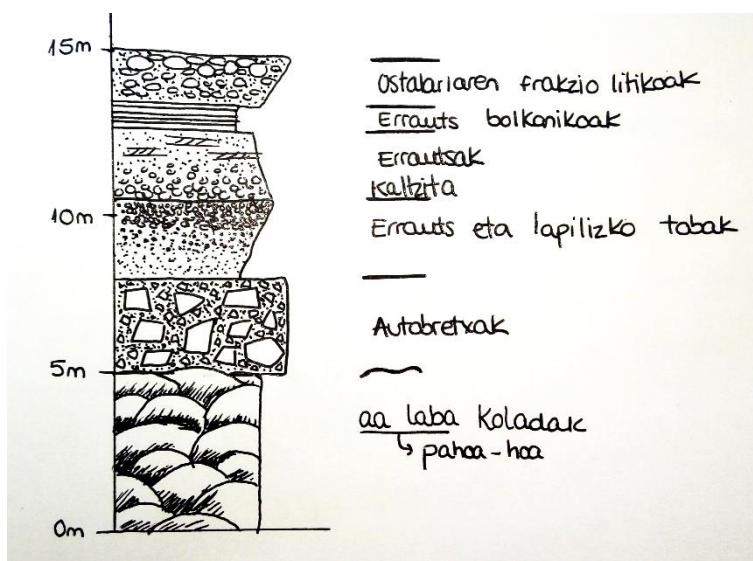
Gorago lapili- eta errauts-tobak metatu dira eta honen gainetik errautsak. Errautsek geruzapen gurutzatu bat erakuzten dute tarteka kuartzitazko ostalariaren zatiak agertzen direlarik. Gorago errauts bolkaniko fineko 0,5m-ko unitatea bereizten da. Azkenik ostalariaren frakzio litikoz osatutako

Bi fase eruptibo bereizten dira bolkan honetan aztertu denaren arabera, hasiera batean fase eruptibo-efusibo bat eta maar motako erupzioa ostean.

Lehendabiziko laba-koladek argi uzten bolkan baten agerpena efusiboa izan zela eta ez leherkorra, ez bait daude lapilliak, bonbak ez errautsak. Honen gainetik laba kolada bat zabaltzen da zeinek gainera alde hautsita duen tenperatura aldaketa eta laben mugimenduagatik, autobretxak deritze.

Jarraian partikula tamaina txikitu egiten da, hau da erupzioen energia handitu egiten da, lapilizko-tobak eratuz. Gorago errautzek geruzapen gurutzatua erakusten dute, horrek uraren presentzia dagoela adierazten du. Erupzio gogorrago eta uraren presentzia egoteak maar erupzio bat izatea azaldu dezake. Honen gainetik errauts ilunen geruzak daude, leherketa bortitzak zirenaren seinale.

Hona hemen zutabe estratigrafikoa (9.irudia):



9.irudia. Cerro Gordo bolkanaren zutabe estratigrafikoa.

24 BIBLIOGRAFIA

- Ancochea, E. (2002). En geologia de España (J.A. Vera ed). SGE-IGME, Madrid 671-672
- Guia campamento multidisciplinar 2014

Web orriak:

www.uclm.es