

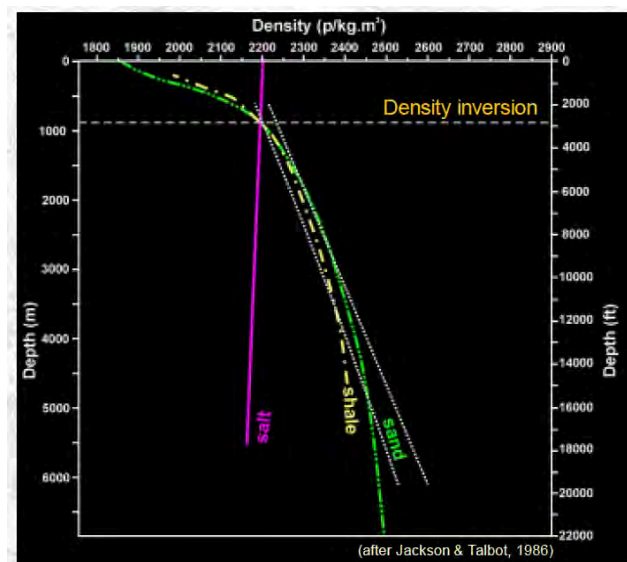
GESALTZA AÑANA: BAINA ZER OTE DA DIAPIRO BAT?



Diapiroak intrusio geologiko bereziak dira, zeinetan dentsitate txikiagoko material mugikorrago eta moldakorrago bat gaineko material hauskorragoak zeharkatzen baitituen. Ingurune tektonikoaren arabera diapiroek txanpinoi baten eta dike estu baten muturreko bi geometrien arteko itxura izan dezakete. Diapiro terminoa magmekin lotutako egitura igneoetan erabiltzen da ere, baina askoz arruntagoa da arroka sedimentarioekin lotuta erabiltzea, gatz-egituretan zein lokatz-egituretan.

Ludovic Mrazek geologo errumaniarrak erabili zuen diapiro terminoa estrainekoz (1907) gatz-egiturekin lotutako prozesu tektonikoak azaltzeko. Gatz-diapiroetako material ebaporitikek gainetik duten sekuentzia sedimentarioak zeharkatzen dituzte. Ebaporitak ur gazien ebaporazioz sortutako arroka sedimentarioak dira, buztinez eta gatzez eratuta daudenak nagusiki. Beraz, jatorri kimikoko arroka sedimentarioak dira.

Diapiroen sorrera eta bilakaera ulertzeko baliagarriak diren zenbait datu aipatuko dira ondoren. Ebaporitetan sortutako gatzik arruntenak, halitak, 2160 kg/m^3 ko dentsitatea du, sedimentu arruntak metatzen direnean baino dentsitate handiagoa (2000 kg/m^3). Baina sedimentuek sakonerarekin ura galdu eta trinkotu egiten direnean dentsitatea irabazten dute (2500 kg/m^3), eta gatzek, ez direnez trinkotzen, ez dituzte dentsitate aldaketa nabarmenik pairatzen. Horrela, gatzak inguruko arroka baino dentsuagoak dira azaletik gertu, baina dentsitate askoz txikiagoa dute 1000-1500 m-tik aurrera (1 ird.). Behin gaineko sekuentzia sedimentarioa ebaporitak baino dentsuagoa bihurtzen denean, gatzek gorantz egiteko joera izango dute.



1. irudia. Hainbat arroka sedimentarioek sakonerarekin jasaten duten dentsitate aldaketa. Gatzak dira bakarrak sakonerarekin dentsitaterik irabazten ez dutenak.

Ebaporitak ingurune sedimentario desberdinetan eta baldintza desberdinetan meta daitezke. Euskokantauriar arroko ebaporitak Triasikoan sortutakoak dira, Pangeako apurketaren lehen urratsetan. Kontinenteen urruntze-prozesua abiatu ondoren, momenturen

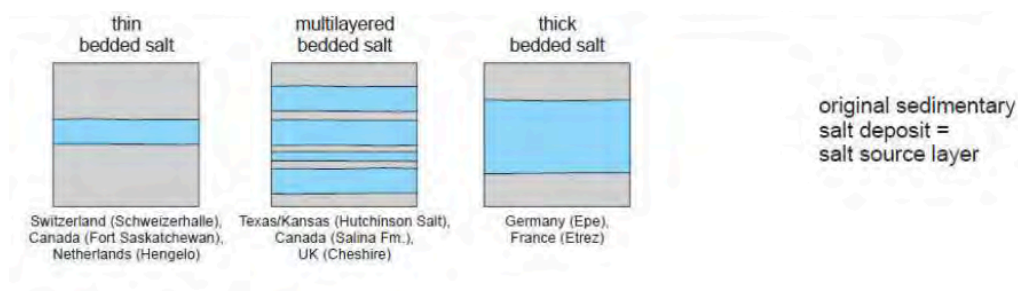
batean, kontinenteen arteko tarteetara itsasoko ura sartzen hasi zen, oso sakonera txikiko *sebhka* moduko ingurune sedimentarioak garatuz (2. ird.). Sebkhak, gaur egun, Afrika iparraldean, Arabia inguruan, Kalifornian eta Australian garatzen dira. Ingurune horietan guztietan klima oso idorra da eta itsasoko ura baporatu egiten da buztinen eta gatzen arteko nahasketa bat sortuz sedimentu gisa. Horrela sortu ziren Triasikoko ebaporitak ere, gaur egun Euskokantauriar arroan, Europa erdi-aldean eta Mexikoko golkoan zehar diapiroak edo gatz domoak eratzen dituztenak.



2. irudia. Tunizian kokatutako Ariana sebkhak. Lurralde osoa noiz behinka itsasoko urez estali, eta ura lurruntzean ebaporitak metatzen dira.

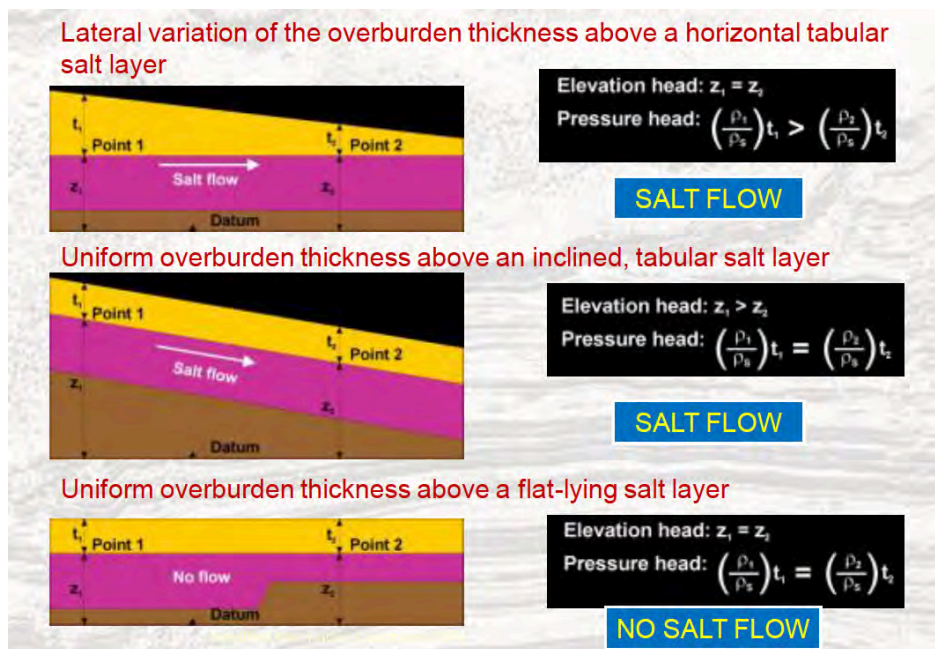
Ebaporitak beste modu harrigarriago baten bitartez ere sor daitezke, itsaso oso bat lurruntzean. Hori da Mediterraneo itsasoan gertatu zena Messiniarren (Miozenoaren bukaera). Arrazoi tektonikoen eraginez Gibraltarreko itsas-estua itxi egin zen orain dela 5.96 Ma, ozeano Atlantikoren eta Mediterraneoaren arteko lotura desagerraraziz. Horrela, Mediterranioko lurruntze-maila bertara ibaietatik iristen den ur kopurua baino handiagoa denez, 630.000 urteetan Mediterraneo guztiz sikatu zen, bertan disolbatutako gatz guztiek eta bertan zeuden buztin guztiek ebaporita-geruza lodi bat sortuz. Ondoren, orain dela 5.33 Ma, itsas-estua berriro ireki eta Mediterraneo berriro urez estali zen. Sorbaseko (Almeria) gatz arrobiak eta karst egiturak dira ebaporita geruza horren adibidea.

Ingurune sedimentarioen eta baldintza klimatikoaren arabera gatzek geruza mehe bakarra, buztinekin geruzatutako gatz geruza ugari edo gatz-geruza lodi bakarra sor dezakete (3. ird.).



3. irudia. Gatzen metaketan bereizten diren geometria desberdinak.

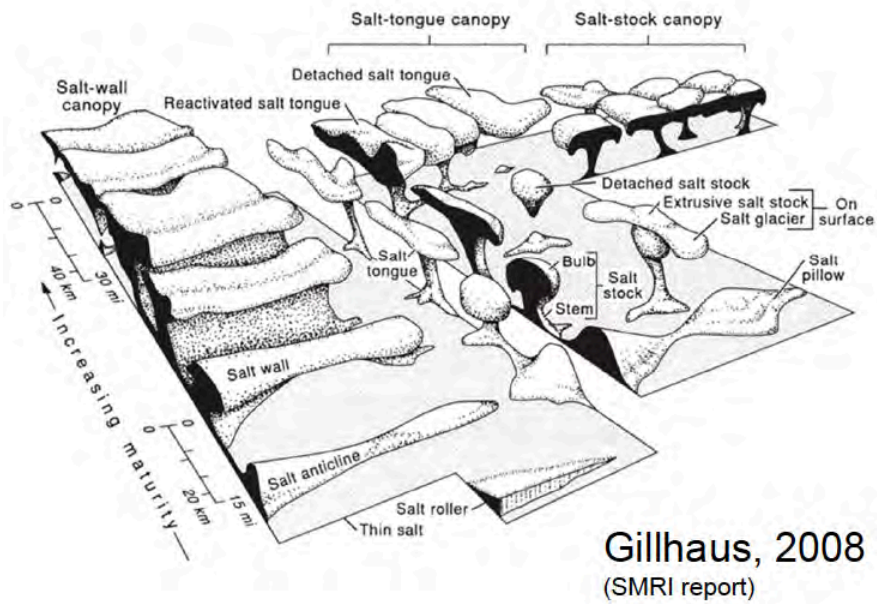
Horrela, horizontalean metatutako gatz-geruzen gainetik sekuentzia sedimentario uniformearekin metatuz gero, berdin da zein lodieratakoa, gatz geruzan ez da aldaketarik gertatuko, jatorrizko kokapenaren mantenduko da. Beraz gatz mugimendua abiarazteko zerbait gertatu behar da, eta behin hasita prozesuak aurrera jarraituko du. Aukera desberdinak daude gatz mugimendua abiarazteko (4. ir.). Alde batetik, gatz gainetik metatutako sedimentazioa uniformearekin ez izatea, horrela toki batzutan besteetan baino presio handiagoa jasango dute gatz mugimendua aktibatuko da. Bestetik, gatz-geruzaren oina horizontala ez denean jasandako zamak labaintaketak eragin ditzake eta gatz mugimendua abiarazi. Beste aukera bat da, sakonean (<1000 m) dagoen gatz geruzara ura iristea, horrela anhidrita (gatzik arruntenetarikoa) igeltsu bihurtuko da eta prozesu horretan gatz bolumena 6 aldiz handitu egiten da. Bolumen aldaketak eragin ditzake gaineko arroken apurketa eta gatz mugimenduaren hasiera.



4. irudia. Gatz mugimendua abiarazteko aukeratako bi.

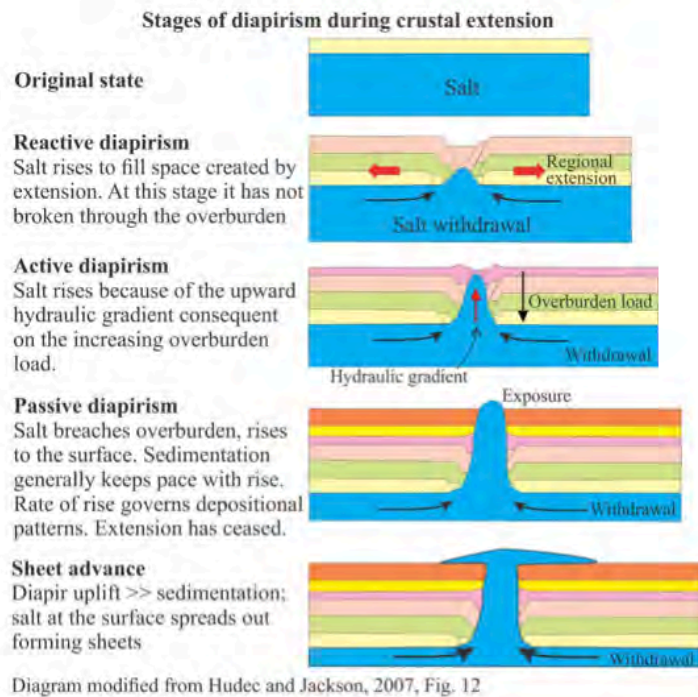
Gatz mugimendua behin abiaraziz gero, prozesuak jarraitu egiten du autoelikatuta egiten deitako. Gaineko geruzak apurtu eta alboetarantz bultzatzean, gainzama areagotu egiten da eta diapiroak gero eta gorago joateko aukera izango du. Bidaia horretan, dauden deformazio- eta sedimentazio-baldintzen arabera diapiroek morfologia desberdinak garatzen dituzte (5. ir.).

Gatz-diapiro baten bilakaeran hiru urrats finkatu dira (6. ir.): diapirismo erreaktiboa, diapirismo aktiboa eta diapirismo pasiboa. Hasierako egoeraren irudian gatz-geruzaren gainekin sekuentzia sedimentarioa kokatu da, nahi bezain lodia izan daitekeena inolako aldaketarik ez dagoen bitartean. Aldaketa adierazteko, kasu honetan, sekuentzia sedimentarioan estentsioak eragindako lodiera aldaketa bat aukeratu da, diapirismo prozesuari hasiera emateko.



5. irudia. Morfologia desberdineko diapiro egiturak.

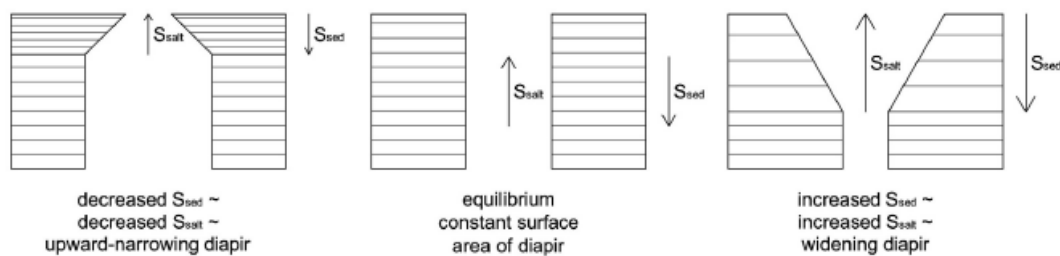
Diapirismo errektiboa indar tektonikoei (konpresio- zein estentsio-indarrak) erantzunez garatutakoa da, gaineko sekuentzia sedimentarioan inolako apurketarik eragiten ez duena. Gatzen fluxua abiarazteko eredu arruntena da. Diapiroen sorrerarako estentsio-indarrak konpresiozkoak baino eraginkorragoak dira. Estentsioak gaineko sekuentzia luzatu eta mehetu egiten du eta gatzak sortutako hutsuneak betetzeko gaitasuna du, diapiroa abiaraziz. Kontrakzioaren eraginpean gaineko sekuentzia mehean tolesak, failak eta higadurak dute eragina, eta gatzak gora egin dezake diapirismoa abiaraziz.



6. irudia. Diapiroen garapenean bereiztu daitezkeen urrats desberdinak.

Diapirismo aktiboa, diapirismo erreaktiboaren eraginez abiarazitako gatzten fluxuak gaineko sekuentzia apurtu eta zeharkatzeko beste indarra lortzen duenean abiarazten da. Beraz ebaporiten gaineko sekuentzia sedimentarioak behar besteko dentsitatea lortzen duenean (≈ 1 km), baina oraindino oso lodia ez denean, gatzak gaineko sekuentzia apurtzen hasteko gaitasuna lortzen du, diapirismoa aktiboa abiaraziz. Diapiroaren igoera aktiboak irauten du gatzak agortu arte edo gatzak azaleraino iritsi bitartean, hortik aurrera diapiroaren bilakaera pasiboa hasten da.

Diapirismo pasiboa gatzek gaineko sekuentzia sedimentario osoa zeharkatzean abiatzen da. Orduan aurrera diapiroaren garapenak jarraipena du inguruko sedimentuen subsidentzia irauten duen bitartean, gatzten jatorria agortu arte. Diapirismo pasiboa da diapiroaren garapenean denboran gehien irauten duen fasea. Fase honetan diapiroaren geometria kontrolatuta dago sedimentuen pilaketa proportzioarengatik (7. irud.). Zenbat eta sedimentazio-tasa handiagoa izan, handiagoa izango da eragiten duen gaizama eta diapiroaren goranzko abiadura bizkortu egiten da diapiroaren zabalera handituz. Aldiz, sedimentuen pilaketa-tasa txikiagoa denean eragiten duen gaizama txikiagoa da, material ebaporitiko gutxiago mugiaraziko du eta diapiroa gero eta estuago izango da. Sakoneko gatzak bukatzen denean diapiroaren garapena bukatu eta sedimentazioak estaliko du.



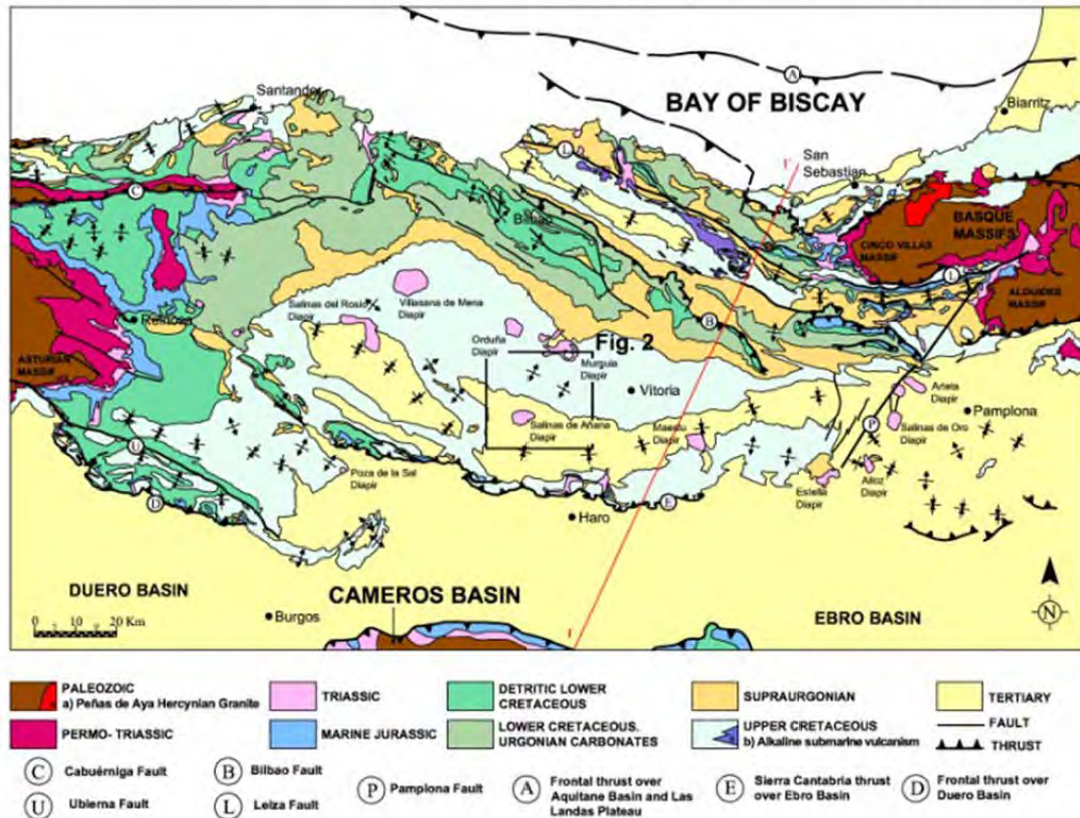
7. irudia. Sedimentazio-abiadura erlazio zuzena du diapiroko gatzaren igoera-abiadurarekin, diapiroaren taimaina eta forma baldintzatuz.

Diapiroaren azalerako bidaia sakonean dagoen gatz kopuruaren menpe dago. Gatzaren goranzko fluxua inguruko arroka ostalarien hondoratzea baino handiagoa denean ebaporitak azaleraino iritsi daitezke eta gatz-glaziareak sortu (8. irud.). Aldiz, diapiroaren hazkuntza-abiadura inguruko arroka sedimentarioen pilatze-tasa baino txikiagoa denean diapiroa uzkurto egiten da eta gainera pilatzen diren sedimentuek guztiz estal dezakete.



8. irudia. Gatz-domo edo diapiro batetik abiatutako gatz-glaziarea

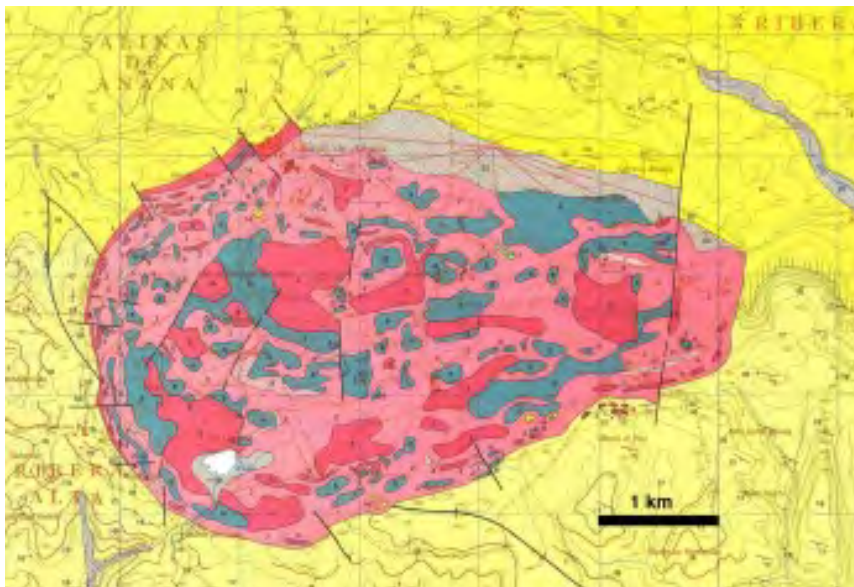
Euskokantauriar arroan arruntak dira diapiro egiturak eta lerrokatuta ageri dira bi norabide nagusietan: N120°E eta N30°E (9. ird.). Norabide horiek basamentuko arroka paleozoikoentan ageri diren haustura-sistemekin datoz bat, eta diapiroak sarri haustura lerroen intersekzioetan aurkitzen dira. Euskokantauriar arroan diapiro gehienak hegoaldean (Araba, Nafarroa Burgos iparraldean) agertzen dira. Gesaltza Añanako diapiroa adibidez Murguiako diapiroarekin lerrokatuta dago N30°E norabidean eta Salinas del Rosio, Trebiñu (ez da azaleratzen) eta Urizaharrako diapiroekin N120°E norabidean. Euskokantauriar arroko diapiro gehienak arroaren estentsio fasean zehar sortutako direla onartzen da.



9. irudia. Euskokantauriar arroko diapiro handien kokapena.

Añanako diapiroa

Añanako diapiroa, triasikoko Keuper fazieseko ebaporitekin eratuta dago. Geometria elipsoidala du, ardatz luzeak E-W norabidea du eta 5.5 km-ko luzera, ardatz laburrak 3.5 km dituen bitartean (10. ird.). Inguruko arrokkak Paleogenoko metakin kontinentalak dira (kolore horiak).



10. irudia. Añanako diapiroaren mapa geologikoa.

Azaleramenduan Keuperreko ebaporitak kolore gorriko buztinez, tupez eta igeltzuskoruz daude eratuta. Ugariak dira material horietan inklusio modura barneratuta ageri diren doleritak (ofitak), karniolak eta kareharri dolomitiko laminatu ilunak, denak behe Jurasikokoak.

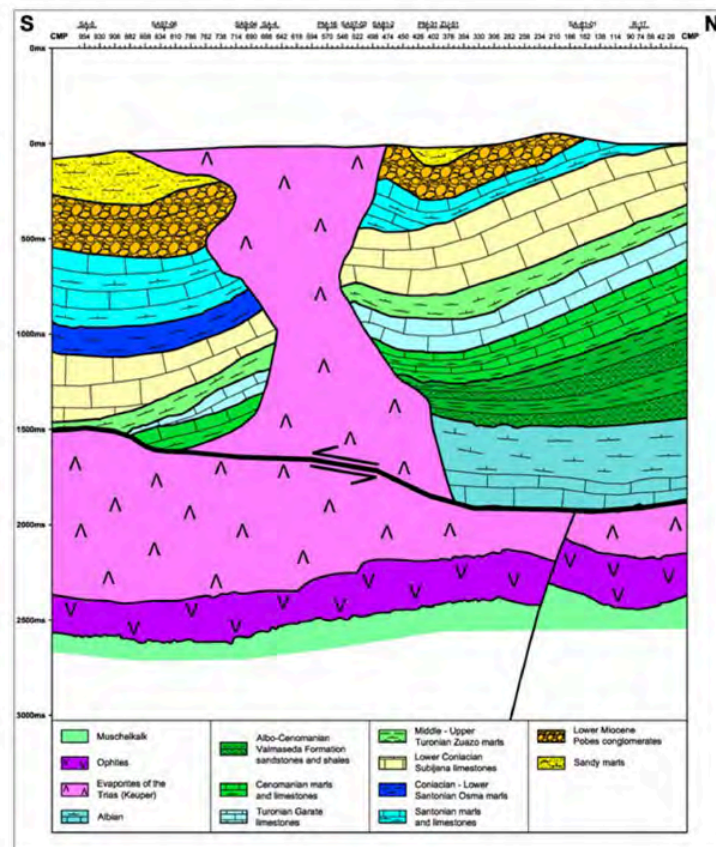
Doleritak (ofitak) ehundaka metroko masak osatzen dituzte eta diapiroaren erdigunean daude pilatuta nagusiki. Diapiroaren ertzetan ofitazko masa txikiagoak eta luzatuak agertzen dira. Ofitak arroka azpibolkanikoak dira eta doleriten konposizioa dute (Px, Pl), baina aldatu beharreko tradizio bat dago Jurasikoko arroka horiek ofita bezala izendatzeko eta aldaketa asko kostatzen ari zaigu. Ofitak piroxeno kristal handiekin daude eratuta eta horien barruan plagioklasa prismetiko txikiagoak bereizten dira. Sarri, alterazioz piroxenoa anfiboletara aldatzen da. Ofita izena sugen azalarekin arrokkak duen antzaren ondorioa da. Arroka basikoak dira eta goranzko bidean Triasiko buztinak zeharkatu ezinik horietan barneratuta gelditu ziren.

Igeltsoz soilik eratutako azaleramenduak ere aurkitzen dira, meategi zaharrek ustiatzen zituztenak, 50-150 m lodi eta diapiroaren ertzetan aurkitzen direnak.

Diapirotik kanpo Keuper faziesko materialak ere aurkitu dira, gatz-glaziare gisa interpretatu direnak. Diapiroaren fluxu-tasa inguruko arroka sedimentarioen pilaketa-tasa baino dezente handiagoa zenean garatutako egiturak izango ziren.

Diapiroa metakin klastiko kontinentalez inguratuta dago. Iparraldeko ertzean oso nabarmena da Pobesko konglomeratuak bertikal kokatuta daudela eta erliebe deigarria sortzen dute. Ekialdetik eta hegoekialdetik ibai-hareharriak dira nagusi, tartekatuta konglomeartuz eratutako paleo-ubideak izaten dituzte. Diapiroaren inguruko lehendabiziko 50 m-tan geruzak oso bertikalduta egon ohi dira, zenbaitetan alderantzuta ere, baina 100 metro-ra horizontaletik gertu aurkitzen dira gehienetan. Okerdura aldaketa horiek, diapiroen gorako bidean eragindako bulkadaren ondorio izan ohi dira eta oso arruntak diren *ertzeko-sinklinalak* eratzen dituzte.

Azalean besterik ez da ikusten, baina inguruko mapa geologikoak, egin diren zundaketak eta profil sismikoak erabilia ondo ezagutzen dira sakonean ageri den sekuentzia estratigrafikoa (11. irud.). Agertzen diren material zaharrenak Albiarreko hareharriak eta kareharri urgondarrak dira. Gainera, Balmaseda formazioa osatzen duten hareharriak, ikatzdun pelitak eta tartekatutako noizbehinkako kareharriak ageri dira (2000-3000 m). Balmaseda Formazioaren gainera Zenomaniarreko kareharri eta tupen arteko txandakapena dago (500-600 m). Gainera materialak (Turoniarra), Garate Formazioa osatzen dute, eta kareharri eta tupakareharrien arteko txandakapena erakusten dute (350-400 m). Gainera behe Koniazarreko Zuazoko tupak ageri dira (350-450 m) eta ondoren Subijana formazioko kareharri masiboak (350-500 m). Gainera, sekuentzia bukatzeko, Santoniarreko kareharri eta tupak ageri dira. Ondoren, Paleogenoko material detritiko kontinentala (konglomeratuak eta limolita karbonatodunak) ageri da, diskordanteki kokatuta.



11. irudia. Añanako diapiroaren zehar-ebaki geologikoa.

GELDINUEAK

1. Diapiroaren inguruko materialak: konglomeratuak

Oso nabarmena da Añanako diapiroaren iparraldean konglomeratuek osatzen duten erliebea. Geruza bertikalduta dagoenez inguruko material biguinak higatzean oso deigarria egiten da konglomeratuen azaleramendua (12 ird.). Legarrak oso tamaina aldakorrekoak dira (< 30-40 cm), nagusiki kareharrizkoak dira, baina beste zenbait litologia ere bereiz daitezke. Legarrak beraien artean ukipenean daude beraz, ortokonglomeratu gisa sailka daitezke. Kareharriak borobiltasun bat erakusten dute baina konposizio desberdineko legarretan forma angelutsuagoak ere bereizten dira. Matrize hareatsua erakusten du eta zementua karbonatoduna da.

Eozenoaren bukaera eta Oligozenoan (34-25 Ma) Euskokantauriar arroko inbertsioa gertatzen da ingurunean. Orain arte itsas azpian metatutako arroak, konpresioaren eraginez, azaleratu egiten dira eta higaduraren eraginpean higatzen hasten dira. Azpiko sekuentzia batez ere karbonatoduna izan denez metakinak ere karbonatodunak izango dira. Sortutako erliebe gazteak higatutako materialak noiz-behinkako ibai-korronteen bitartez garraituak dira eta abaniko alubialak garatzen dira arro sedimentario berrietan. Kasu honetan, erliebeak iparraldean zeuden eta metakinak hegoalderantz bidaiatzen zuten, Ebro arro jaio berrirantz. Ez ziren bertaraino iritsi eta gaur egun Miranda-Trebiñu sinklinalaren iparraldeko alpearen parte dira.



12. irudia. Paleogenoko konglomeratuak kareharrizko legarrekin. Zenbait legarretan fosilak aurki daitezke.

2. Diapiroaren inguruko materialak: hareharri, tupa eta limolita karbonatodunak

Diapiroaren inguruan gehien bat agertzen diren materialak dira. Tupa eta limolita horien arteko txandakapena de gehien ikusten dena, baina tartekatuta oso ohikoak dira

hareharri karbonatodunak edo kareharri haretsuak. Hareharriak oso nabarmenak dira material biguinen artean geruza gogorragoak islatzen dituztelako.

Unitate honetako arrokek aurreko konglomeratuen gainetik daude kokatuta eta ingurune kontinentalean metatutakoak dira ere, ingurune ibaitar zein lakutarretan. Diapiroaren hegoaldean agertzen direnak, Miranda-Trebiñu sinklinalaren gunea osatzen dute eta ondorioz gazteenak dira. Antzeko litologia erakusten dute, baina hereharrien kopurua handiagoa da. Antzeko baldintza sedimentarioetan metatu zitela onartzen da.

3. Diapiroaren barneko materialak: buztinak eta igeltsua

Azaleramendu izkutatu honetan ikusten diren arrokek dira diapiroaren gehiengo osatzen dutenak: buztinak eta igeltsuak.

Buztinek oso kolore aldakorak izaten dituzte, gorrixkak, berdexkak edo okreak eta azaleramendu onak ikustea oso zaila da, landatuta egon ohi direlako edo landaretze garatzen dutelako. Lur buztintsuak eratzen dituzte, oso erraz higitzen direnak, eta errekek erraz higitzen dituzte, haran oso estuak sortuz. Ezaugarri geologiko nabarmenena duten moldakortasuna da, plastilinen antzera jokatzen dute, esfortzuen aurrean erraz deformatzen dira baina apurtu gabe. Euskokantauriar arroko diapiro guztien material nagusia da, eta zamalkadurek ere oso gogoko dute aldentze-maila bertan kokarazteko duen moldakortasunarengatik.

Igeltsua ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) da diapiroaren barneko mineral adierazgarriena, arroka sedimentario monomineralikoak osatzen dituena. Diapiroaren barnean 15 metroko lodiera duen banda jarraitua, nahiz eta zatituta egon kartografiatu da diapiroaren hegoaldean mugarekiko paralelo kokatuta. Igeltsu horiek ustiatu egin dira, diapiroaren barne Paul herrixkatik 600 metrora igeltsuzko "Mina Roberto" aurkitzen da. Hala ere gehienetan, askoz lodiera txikiagoko geruzetan, buztinekin txandakatuta ageri da. Oso erraz bereizten da, atzazkalarekin marra daitekeelako.

Igeltsua jatorrizko sedimentazio prozesuen ondorio izan daiteke itsasoko ura baporatzean 40°C baino tenperatura txikiagoetan. Aldiz, arruntagoa da tenperatura altuagoetan hauspeatzen den anhidritaren (CaSO_4), hidratazioaren ondorioa izatea. Jatorrizko anhidrita azaletik gertu aurkitzen denean eta auri-urarekin kontaktuan jartzen denean hidratatu eta igeltsu bihurtzen da.

Igeltsua oso erabilia da industria munduan: lurrerako ongarri gisa, metal astunez kutsatutako lurren berreskurapenerako, azido sulfurikoa lortzeko, zementuetan solidotzea beranduagotzeko eta noski, etxegintzan ere, beste zenbait erabileren artean.

Igeltsua uretan disolbagarria denez, igeltsu pilaketa handiak direnean karstifikazio prozesuak (kobazulak, dolinak, haitzaretak,...) gertatzea dakar. Oso ezaguna da Sorbaseko (Almeria) igeltsuetan garatutako karsta, Europako handienetakoa, non mila kobazulotik gora aurkitu diren eta gaur egun zenbait turismorako prestatuta dauden. Sorbaseko igeltsu pilaketa izugarria, 20 m lodi diren zenbait geruzatan agertzen dena, Mediterraneoko osoaren lurruntzeko prozesuaren ondorioz garatu zen Messiniarrean (≈ 7 Ma).

4. Diapiroaren barneko materialak: ofitak

Ofitak oso ilunak dira, ingurukoak baino dezente gogorragoak eta tamaina desberdineko masak osatuz ageri dira diapiroaren barnean (13. irud.). Alteratu gabe aurkitzen direnean, erraz aldatzen baitira, kolore berde iluna dute eta pikor tamaina aldakorra, finetik larrira, era masiboan ageri dira baina hustura-sare estua erakusten dute. Piroxeno kristal handiz dago eraturta eta plagioklasa kristal prismatiko txikiagoak barneratzen ditu. Kopuru askoz txikiagoan, magnetita, apatito eta zirkoia ageri dira. Alterazioaren ondorioz piroxenoa anfibol bihurtzen da eta ondoren anfibola klorita.



13. irudia. Añanako gatzagaren bisitaren barruan ikus daitekeen doleritazko (ofita) blokea. Fresko dagoenean oso kolore iluna du baina aldatzen denean kolore berdea da nagusi.

Arroka azpibolkanikoa da, dolerita edo diabasen parekoa, beraz arroka plutonikoak (gabro) baino azkarrago baino arroka bolkanikoak (basalto) baino motelago hoztu da. Adinez jurasikoa da, baina beti ageri da Triasikoko buztin eta igeltsuetan tartekatuta. Mantuan sortutako magmek Jurasikoan gora egin zuten baina azalerako bidean Triasikoko buztin eta igeltsuekin topo egin zuten eta material horiek ezin zeharkatu gelditu ziren bertan barneratuta. Triasikoko ebaporiten moldakortasunak ez zuen baimendu magmek gora egiteko behar duten arrakalarik garatzea.

5. Diapiroaren barneko materialak: ofitak

Geldiunean pistaren trintxeran agertzen diren arrokkak aztertuko dira. Nahiz eta alterazio gradu bat izan oso nabarmena da aurreko geldiunean ikusitako doleritak direla (ofitak). Diapiroaren barruan, buztinak baino gogorragoak direnez beti altugune bat ematen dute eta sarritan eremu landatuek saieztu egiten dituzte dolerita azaleramenduak. Hemen oso ondo ikusten da doleriten eta inguruko buztinen arteko ukipena.

6. Diapiroaren barneko materialak: karniolak eta dolomiak

Diapiroaren barne, tamaina desberdineko eremuak estaltzen dituzten materialak dira. Kareharri dolomitikoak laminatuta ageri dira eta kolore iluna aurkezten dute. Horiekin batera oso deigarriak diren karniolak ikusten dira (14. ird.).

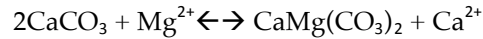
Karniolak arroka sedimentario karbonatodunak dira, gehien bat kareharriz (bi heren CaCO_3 -kaltzita), dolomitaz (kaltzio eta magnesiodun karbonato bikoitza) $(\text{CaMg})(\text{CO}_3)_2$ eta igeltsu kopuru txiki batekin osatutakoa. Arroka ez-homogeneoak dira, bretxa itxura dutenak eta zuloz edo bakuolaz josita.

Karniolak sortzeko beharrezkoak diren dolomiak bi fase desberdinetan gara daitezke. Lehenengoan, itsasoak ingurune kontinentalak apurka apurka irabazten dituen bitartean, itsasoko uraz betetako oso sakonera txikiko eremuak sortuko dira, sebkha motakoak adibidez. Klima beroetako lurraldeetan ematen den ebarporazioaren eraginez dolomia zuzenean hauspeatu daiteke gatz kristalekin batera. Ondoren, dolomia horiek arroka bihurtuta azaleratzen direnean, gatzak berehala disolbatu eta geometria poligonalak dituzten zuloak garatzen dira.



14. irudia. Karniola baten itxura arrunta.

Bigarren aukera bat kareharriak dolomitizatzeko diagenesi prozesuan zehar ematen da. Kareharrien azpitik dauden buztinek sakonerarekin deshidratatu egiten dira eta buztinen Mg garraiatzen dute. Ur hori gaineko kareharrietara iristen denean magnesioak kaltzitaren kaltzioa ordezkatzeko du hurrengo ekuazio estekiometrikoa jarraituz:



Dolomitizazioa osoa edo partziala izan daiteke. Beraz, dolomita minerala fluidoetatik zuzenean hauspeatu daitekeen arren, askoz arruntagoa da erreakzio horren bitartez eratzea.

Ondoren, arroka horiek azaletik gertu berriz kokatzen direnean, azaleko-urek azpiko buztinen artean dauden gatzak, anhidrita (CaSO_4) edo igeltsua ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) bezalako mineralak, disolbatu ondoren ur-sulfatatu bihurtzen dira. Ur sulfatatu horiek arroka karbonatatuan zehar zirkulatzen dutenean bi prozesu somatzen dira:

1. Ur sulfatatuak batez ere dolomitaren disoluzioa eragiten dute.
2. Mg^{2+} et Ca^{2+} ioien arteko trukaketaren eraginez dolomita kaltzitara eraldatzen da berriro, dedolomitizazio deritzon prozesuaren bitartez. Kaltzita nagusiki haustura txikietan hauspeatzen da, urak zirkulatzen duen lekuetan eta inguruko dolomia baino gogorragoa denez gutxiago degradatzen da. Aldiz, tabikeen barneko dolomiak higakorragoak direnez hutsuneak sortzen dira. Horrela, mota horretako karnioletan kaltzitaz osatutako tabike meheek dolomita higakorragoen gelak inguratzen dituzte.

7. Diapiroaren barneko materialak: karniolak eta dolomiak

Dolomiak eta karniolak ikusteko beste azaloramendu bat.

8. Diapiroaren barneko materialak: buztinak

Pista utzi eta oinezkoentzat prestatutako ibilbidean zehar sakabanatuta ageri diren arroketan arreta jarriz gero, ikusiko dugu karniolak eta ofitak agertzen direla nagusiki. Bateko eta besteko koloreak, formak eta aldatzeko moduak oso desberdinak dira eta bidea bukatu aurretik urrunetik ere arroka mota bi horiek erraz berezituko ditugu.

Diapiroan zehar diapiroaren elementu nagusia ikustea ez baita lan erraza. Aurretik ikusi dugu ibaiak sortutako haran estuan lur-jausi baten ondorioz bistan gelditu delako. Hemendik ikus dezakegu higadurak, nagusiki ur-korronteek garbitutako buztinezko eremu bat (15. ird.). Malda handia denean, etengabeko buztinaren higadurak karkaba itxurako eremu morfologikoak osatzen ditu.



15. irudia. Diapiroaren barruan dagoen butinen azaleramendurik onena zalantzarik gabe.

9. Arreoko lakua. Euskal Herriko laku natural bakarra

Arreoko edo Caicedo-Yusoko lakua Euskadiko laku natural garrantzitsuena da eta laku-sistema iraunkor bakarra (16. ird.). Lakua igeltsu, buztin eta doleriten azaleramenduen gainetik garatu da. Segurazko igeltsuen disoluzio eta kolapsoaren bitartez sortutakoa da. Lakuan bi eremu bereizten dira. Hegoaldean sakonera txikiko eremu zingiratsuak lakuaren 2/3 betetzen ditu, 3-4 metroko sakonera maximoarekin. Erdiko aldea eta iparralde eremu sakonagoak dira (24 metrotaraino) eta iparraldeko horma malda handikoa denez faila batekin lotu izan da. Beraz lakua asimetrikoa da, iparraldean bapatean sakonera handiak lortzen dira eta hegoalderantz sakonera progresiboki txikitu egiten da. Eremu sakonean eta sakonera txikikoan ematen diren sedimentazio baldintzak oso desberdinak dira eta batean zein bestean egindako zundaketetan lortutako informazioak oso ondo islatzen ditu azken 2.500 urteetan gertatutako aldaketa klimatiko guztiak.



16. irudia. EAE-ko laku natural iraunkor bakarra. Ur sulfatatuak dira bertan nagusi eta urte guztian zehar antzeko azalera mantentzen du.

Beraz, lakuaren N-tik S-rako soslai topografikoak geometria asimetrikoa arakusten du. Kolapsoa N-ko aldean gertatu zen, failak eragindako hondoratzearen edo dolerita eta igeltsu eta buztinen jokabide desberdinen bitartez, eta ondoren progresiboki hondoratu da, S-rantz sakonera progresiboki eta oso motel txikitzen den bitartean. Lakuko uren konposizio sulfatua da gaur egun, igeltsuen disoluzioaren ondorioz, baina iraganean badirudi uren konposizioa gazia izan zitekeela. Gaur egun, lakuaren ekialdean iturburu gazi txiki bat ageri da, baina lakuko uren konposizioan duen eragina oso txikia dela dirudi.

Lakuetak sedimentuetan egindako zundaketek oso ondo islatzen dituzte azken 2.500 mila urteetan izandako aldaketa klimatikoak eta gizakiaren eragina. Erregistroan somatzen den lehendabiziko aldia K.a.ko 6. mendeko sasoi lehorra da, ondoren erromatarren sasoiaren (1. eta 4. mendeen artean) askoz humelagoa den sasoi definitzen da. Aro Iluneko Aro Hotzetan (580-790 K.o.) eta Izotz Aro Txikian (1300-1870 K.o.) lakuaren maila altuagoa zen eta gero eta ur gezagoa zegoen. Lakuaren maila baxuagoa izan zen sasoi lehorragoetan, Ertaroko Anomalia Klimatikoan (890-1300 K.o.) eta XX. mendean.

Era berean, oso nabarmena da gizakiaren eragina. Lakuaren inguruko lurrak Añanako Gatzagarako oinarrizko diren materialak hustiatu dira (egurra, laborantza- eta larre-lurrak) eta gizakiak inguruan sortu duen eragina Ertaroaren goiko mugan (890-1180 K.o.) eta aro Modernoan (1605-1830 K.o.) nabarmenagoa izan dela igarri daiteke.

Lakuak duen misterio geologikoetariko bat da zergaitik urak ez diren gaziak, Gatzagako iturburuetatik irtetzen diren uren antzera. Badirudi diapiroaren barruan uren zirkuilaziorako bi aukera egotea. Sakonetik (3.000-2.000 m) datozen urek, gorako bidean gatzak disolbatu eta ur gazi moduan isurtzen dira. Baina euri-urak lurrean barneratu (100-500? m) eta ez dute gatzik aurkitzen disolbatzeko, orduan igeltsuak disolbatu eta urak sulfatatu egiten dira, ur gezak sortuz.

10. Diapiroaren barneko materialak: karniolak eta bretxak

Bidegurutzeko azaleramenduan karniolak eta orain arte ondo azaleratu ez diren bretxak (17. irud.) ondo ikusten dira. Bretxak kareharrizko 1-10 cm bitarteko zati angelutsuz daude eratuta. Zatiak zementu karbonatatuaren bitartez daude lotuta.



17. irudia. Bretxa sedimentarioak (hidrobretxak).

17. argazkiko bretxak segurazko dolomitizazio prozesuan sortutakoak izan daitezke. Azpiko buztinetatik askatutako urak, Mg-a daramanak, gaineko kareharrietan eragiten duen presioaren eraginez arroka zati angelutsuetan apurtzen da, hidrobretxak direla esaten da. Gainera, askatutako Ca-a uretara gehitzen da eta ondorioz dolomia zatien artean sortzen den kaltzitazko zementuak arroka gogortu eta kontsolidatu egiten du.

11. Diapiroaren barneko materialak: igeltsuak

Diapiroaren ertzetik gertu badago igeltsuz osatutako banda jarraitu baino eten bat. Gehien jota 150 m-ko lodiera du eta hemen ikusten diren igeltsuak banda horren parte izan daitezke. Oso ondo ikusten da igeltsuaren barneko egitura bandeatu bat.

12. Diapiroaren inguruko materialak: konglomeratuak eta hereharriak

Azaleramendua diapiroaren kanpoko aldean dago kokatuta, diapiro osoa zeharkatu dugu iparraldetik hegoaldera. Hasierako azaleramenduan bezala konglomeratuak ikusten dira, kareharrizko legarrez osatutakoak (18. ird.), eta horren gainetik kalkarenitak. Lehenengo geldialdian ikusitako konglomeratuak baino gazteagoak dira, lodiera txikiagoa dute, legarren tamaina txikiagoa da eta geruzak albo-jarraipen mugatuagoa du.

Konglomeratu eta kalkarenitek ibai-sare baten ubideak adierazten dituzte, eta horiekin batera tartekatuta agertzen diren eta askoz ugariagoak diren material biguinoak (limolita karbonatodunak) uholde-lautadan metatutakoak izango ziren. Konpresio-prozesuaren araginez material hauen azpitik dauden material itsastar guztiak azaleratu zirenean, inguruan arroka karbonatodunak baino ez zeuden eta ondorioz horietatik sortutako metakinak dira ibai-sarean zehar garraiatzen diren partikulak.



18. irudia. Villambrosa orduko ikusten diren diapiroaren kanpoko lehendabiziko materialak, kareharrizko legardun konglomeratuak.

ARRATSALDEZ BISITA GIDATUA AÑANAKO GATZ ARANARA

Bertako gidak biologiarekin, antropologiarekin edo historiarekin lotutako kontuak entzuteaz gain, gatazagaren barruan oso ondo ikusten dira paseoan zehar ikusitako arroka gehienak. Oso deigarriak dira hormak eraikitzeko erabilitako karniolak, kristal disilbatuen eta dedolomitizazioaren aztarnek. Era berean, doleritazko bloke berde handiak oso garbi ikusten dira ere, eta hormetan, karniolen artean, erraz bereizten dira.

Iturburu nagusira hurbilduz gero sakoneko ur-gazia (250 g/l gutxi gorabehera) nola irtetzen den ikusten da. Ur hori, diapiroaren inguruko arroka karbonatatuaren akuiferoetan sakonera handietara (2.000-3.000 m-ra) iristen da, eta diapiroko material iragazkaitzetara iritsi ondoren bertan pilatzen da. Baina, diapiroen inguruko uniate deologikoen geometriak baldintzatuta (11. ird.) urak akuiferoan zehar etengabe barneratzen dira eta azpiko uretan presio izugarria eragin, gorantz bidaiatzera behartuz. Buztin eta gatzetan zehar gorantz joan ahala urak gazitu egiten dira azalean isuri bitartean.

Bisitan zehar, arroka berri bat ere ikusten da, tuffak bezala izendatzen direnak (lehengo trabertinoak). Arroka horiek erreastoaren alboetan ikusten dira, eta kaltzio karbonatoan saturatutako urek adar, enbor eta hostoen inguruan kaltzita hauspeatzean sortutako arroka dira, ur-jausi txikiekin lotuta egon daitezkeenak.