

BIJDRAGE TOT DE GEOLOGIE VAN DE
SIERRA ALHAMILLA (PROV. ALMERÍA).

**BIJDRAGE TOT DE GEOLOGIE VAN
DE SIERRA ALHAMILLA (PROV.
ALMERÍA)** ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

PROEFSCHRIFT TER VERKRIJGING VAN DEN
GRAAD VAN DOCTOR IN DE TECHNISCHE WETEN-
SCHAP AAN DE TECHNISCHE HOOGESCHOOL TE
DELFT, OP GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS
C. L. VAN DER BILT, C.I., HOOGLEERAAR IN DE
AFDEELING DER ELECTROTECHNIEK, VOOR EENE
COMMISSIE UIT DEN SENAAAT TE VERDEDIGEN OP
WOENSDAG 10 OCTOBER 1923, DES NAMIDDAGS TE
3 UUR, DOOR WILHELM HEINRICH HETZEL, M.-I.,
— — — GEBOREN TE 'S-GRAVENHAGE — — —



N.V. HANDELSDRUKKERIJ „DE STER”
— — — 'S-GRAVENHAGE — — —

1020 238

Aan mijne Ouders.

Bij het beëindigen van mijn proefschrift rust op mij de aangename plicht, mijn dank uit te spreken aan allen, die tot mijne wetenschappelijke opleiding hebben bijgedragen. In het bijzonder ben ik U, hoogleeraren van de sub-afdeeling der Mijnbouwkunde, ten zeerste erkentelijk voor het onderwijs, dat ik van U genoten heb.

Het is mij een groot voorrecht, aan U, Hooggeachte promotoren MOLENGRAAFF en BROUWER, op deze plaats mijn bijzonderen dank te mogen betuigen voor uw onderricht in de geologische wetenschappen.

Voor al aan U, Hooggeleerde BROUWER, heb ik het te danken, dat dit proefschrift kon ontstaan. De wijze, waarop U mij bij de samenstelling ervan terzijde stond en de hulp en voorlichting, die ik in zoo ruime mate van U heb mogen ondervinden, zullen steeds tot de aangenaamste herinneringen aan mijn studietijd blijven behooren.

Niet minder dank ben ik verschuldigd aan U, Hooggeleerde MOLENGRAAFF, voor Uwe bereidwilligheid, bij de afwezigheid van Professor Brouwer als promotor op te treden, alsmede voor den grooten steun, dien U mij bij de definitieve afwerking van dit geschrift hebt verleend.

VOORWOORD.

In opdracht van Zijne Excellentie den Minister van Koloniën bezocht ik in den winter van 1921/22 de Sierra Alhamilla in het zuidoosten van de provincie Almería.

Bij de daaropvolgende bewerking van de verzamelde gegevens aan de Technische Hoogeschool te Delft onder leiding van Professor Dr. H. A. Brouwer, bleek het wenschelijk een nader onderzoek ter plaatse in te stellen, in het bijzonder naar het tektonisch verband tusschen de Sierra Alhamilla en de Sierra de Gádor. Te dien einde bezocht ik deze streek ten tweeden male in den winter 1922/23.

Op deze plaats spreek ik nog mijn dank uit aan allen, die mij op de een of andere wijze behulpzaam zijn geweest, in het bijzonder aan de heeren:

Prof. Dr. L. Rutten en Ir. J. de Vries, m.i., voor hun hulp bij het microscopisch onderzoek van enkele praeparaten,

Prof. Ir. J. de Koning Knijff, m.i., voor het in bruikleen afstaan van enkele instrumenten,

Ir. W. F. C. Engelbert van Bevervoorde, m.i. en Ir. C. P. A. Zeylmans van Emmichoven, m.i., voor de vriendelijkheid, waarmede zij mij in kennis stelden met de geologie van de Sierra de los Filabres,

F. Wiedemann, J. Gomez de la Bárcena en C. Perez Burillo, voor het verschaffen van zeer waardevolle introducties,

F. van Heelsbergen, cand. m.i. en L. W. H. van Oijen, voor hun aangename begeleiding bij mijn tweede bezoek aan de Sierra Alhamilla.

INHOUD.

	Blz.
Hoofdstuk I. <i>Geografisch overzicht</i>	1—3.
Hoofdstuk II. <i>Overzicht van de stratigrafie</i>	4—26.
1. Inleiding blz. 4.	
2. Kristallijne schisten blz. 4—7.	
3. Trias blz. 7—17.	
4. Tertiair blz. 17—25.	
5. Kwartair blz. 25—26.	
Hoofdstuk III. <i>Petrografie</i>	27—67.
A. Beschrijving der gesteenten van het kristallijn, trias en tertiair blz. 27—40.	
1. Kristallijne schisten blz. 27—35.	
2. Trias blz. 35—38.	
3. Tertiair blz. 38—40.	
B. Voorkomen en beschrijving der eruptiva blz. 40—67.	
1. Ligging en voorkomen blz. 40—44.	
2. Beschrijving der eruptiva blz. 45—61.	
3. Geologische positie der eruptiva blz. 61—67.	
Hoofdstuk IV. <i>Tektoniek van de Sierra Alhamilla</i>	68—90.
1. Inleiding blz. 68.	
2. Perioden van bergvorming blz. 68—74.	
3. Het voorkomen van een buigpunt in de post- triadische, prae-eoceene antiklinale as blz. 74—75.	
4. De breuk tusschen de Sierra de Gádor en de Sierra Alhamilla blz. 75—79.	
5. Analoge verschijnselen blz. 79—80.	
6. Verklaring van de vorming van het buigpunt en van de breuk tusschen de Sierra de Gádor en de Sierra Alhamilla blz. 80—84.	

7. Andere breuken in de Sierra Alhamilla blz. 84—86.
8. Verband tusschen de bergvormende bewegingen en de eruptieve werkzaamheid blz. 86—87.
9. Seismologische verschijnselen blz. 87—90.

Hoofdstuk V. *Overzicht van de tektoniek van Zuid-Spanje* 91—99.

1. Inleiding blz. 91.
2. Subbetische ketens blz. 91—93.
3. Betische ketens blz. 93—95.
4. Jonge eruptiva blz. 95.
5. Theoretische beschouwingen blz. 95—99.

Literatuur 100—104.

LIJST DER ILLUSTRATIES.

KAARTEN.

- Kaart 1. Geologische kaart van de Sierra Alhamilla; schaal 1 : 100.000. Met drie profielen; schaal 1 : 50.000.
- Kaart 2. Geologische kaart van de omgeving van Níjar; schaal 1 : 50.000.

PLATEN.

- Plaat 1. (titelplaat). Erosielandschap tusschen Sorbas en de Sierra Alhamilla.
- Plaat 2. Fig. 1. Discordantie tusschen ouder-tertiaire gesteenten en recente conglomeraten en zanden in een barranco, 3,5 KM. ten noorden van Turillas.
Fig. 2. Vergr. 25 ×. Doorsnede van een nummuliet uit het eocene, fijn-conglomeratische gesteente. 2,5 KM. ten westen van Lucainena.
Tegenover blz. 21.
- Plaat 3. Vergr. 30 ×. Gewoon licht. Granaten met kernen van grafiet; donkere grafietmassa's en kwarts in een granaat-glimmerschist van de Cortijo van Doña Coveha.
Tegenover blz. 29.
- Plaat 4. Fig. 1. Depressie in het zuidwestelijke gedeelte van den rand van den Hoyazo.
Fig. 2. De kratervormige kom van den Hoyazo; in het midden een kopje van andesiet, en rechts daarvan een gedeelte van een tweede, grooter kopje.
Tegenover blz. 41.
- Plaat 5. De Rambla de la Granatilla, in oostelijke richting gefotografeerd. Rechts op den achtergrond de Campo de Níjar, aan den horizon de noordoostelijke uitloopers van de Sierra de Gata.
Tegenover blz. 43.

- Plaat 6. Vergr. 31 $\times$. Gewoon licht. Insluitsel van sillimannietgneis in den andesiet van den Hoyazo. Men herkent de donkergrijze massa's van sillimannietnaaldjes, doorsneden van pleonast, onregelmatig begrensde granaten en donker erts.
Tegenover blz. 51.
- Plaat 7. Plooi in de triaskalken en -dolomieten van de Sierra de Gádor, ongeveer 5 KM. ten zuidwesten van Alhama. Rechts op den achtergrond Alhama.
Tegenover blz. 75.

Opmerking: Alle platen zijn vervaardigd naar eigen fotografische opnamen.

FIGUREN IN DEN TEKST.

- Fig. 1. blz. 54. Profiel door de depressie in het zuidwestelijk gedeelte van den rand van den Hoyazo. Schaal 1 : 4000.
- Fig. 2. blz. 76. Het tektonisch verband tusschen de Sierra de Gádor en de Sierra Alhamilla. Schaal 1 : 400.000.
-



Erosielandschap tusschen Sorbas en de Sierra Alhamilla.

HOOFDSTUK I.

GEOGRAFISCH OVERZICHT.

Het gebied, waarvan de geologie en de tektoniek in de volgende hoofdstukken besproken zal worden, is gelegen in het zuidoosten van de provincie Almería en niet ver ten noorden van den Cabo de Gata en de stad Almería verwijderd. Het omvat de Sierra Alhamilla en de directe omgeving ervan.

De Sierra Alhamilla is de zuidelijkste bergrug van de Betische ketens in het zuidoostelijk gedeelte van de provincie Almería en strekt zich van het oosten naar het westen over een afstand van ongeveer 35 KM. uit. In het westen wordt hij bij Rioja, ongeveer 12 KM. ten noorden van Almería, door de rivier van Almería (Andarax) van de Sierra de Gádor gescheiden; in het oosten gaat hij bij het gehucht Polopos over in de Sierra Cabrera. De Sierra de Gádor moet als de voortzetting van de Sierra Alhamilla naar het westen beschouwd worden.

De Sierra Alhamilla is in de westelijke helft aanmerkelijk hooger dan in de oostelijke; de grootste hoogte wordt bereikt in den Culataiví (1446 M.) ¹⁾. De breedte bedraagt in het midden ongeveer 10 KM. en neemt zoowel naar het westen als naar het oosten af, bij Polopos is de Sierra Alhamilla nog slechts 2 KM. breed.

Het gebergte is uiterst dun bevolkt en alleen op de plaatsen, waar een bronnetje aan de oppervlakte komt, vindt men grootere nederzettingen. Aan den zuidrand ligt het dorp Nijar (2713 inw.; ²⁾ 350 M. hoog), ongeveer in het midden van den bergrug; in het westen het gehucht Baños de Sierra Alhamilla ³⁾ (506 M. hoog), alwaar een warme bron ontspringt. Ten oosten van Nijar liggen aan den zuidrand de gehuchten Los Tristanes en Polopos (296 M. hoog).

Aan den noordrand van de Sierra Alhamilla zijn gelegen Lucainena de las Torres ⁴⁾ (2131 inw.; 570 M. hoog) en ten westen daarvan

¹⁾ De hoogten zijn gegeven ten opzichte van het niveau van de Middellandsche Zee te Almería.

²⁾ In 1910.

³⁾ In den vervolge als Baños aangeduid.

⁴⁾ Idem als Lucainena.

Turillas (926 inw.; 880 M. hoog). Ongeveer 4 KM. ten noorden van Nijar ligt in het gebergte het dorp Huebro (230 inw.; 708 M. hoog), op de plaats waar een krachtige bron ontspringt.

Diepe, droge beekbeddingen, barranco's of rambla's geheeten, zijn in het gebergte zeer talrijk; veelal verlopen zij van het noorden naar het zuiden, soms ook van het oosten naar het westen en zijn vooral in de triadische dolomieten en kalken zeer diep ingesneden.

Aan de zuidzijde van de Sierra Alhamilla strekt zich een kale, dorre vlakte uit, de Campo de Nijar, welke aan den voet der bergen 200—400 M. hoog is en langzaam glooiend naar de golf van Almería afdaalt. In deze vlakte verheft zich, op een afstand van ongeveer 11 KM. ten zuidoosten van Nijar, de Serrata de Nijar, een uit eruptiva samengestelde heuvelrug, die zich van het zuidwesten naar het noordoosten uitstrekt en 12 KM. lang en 300 M. hoog is. In dezelfde richting en $\pm$ 7 KM. ten zuidoosten van de Serrata strekt zich langs de kust van de Middellandsche Zee de, eveneens uit eruptiva bestaande, Sierra de Gata uit. Bij den Cabo de Gata verheft deze zich plotseling uit de Golf van Almería en volgt over een afstand van ongeveer 30 KM. de van zuidwest naar noordoost verloopende kust van de Middellandsche Zee; hij bereikt een hoogte van 500 M.

Ten noorden van de Sierra Alhamilla ligt de ongeveer 500 M. hoge vlakte van Tabernas en Sorbas, welke de Sierra de los Filabres van de Sierra Alhamilla scheidt. In deze vlakte, en op een afstand van ongeveer 3 KM. van den noordrand van de Sierra Alhamilla verwijderd, verheffen zich enkele, ongeveer 600 M. hoge ruggen n.l. de Loma de la Cumbre ten noorden van Lucainena, de Serrata de Lucainena ten westen hiervan, en de Serrata del Marchante bij Tabernas.

Tusschen de Sierra Alhamilla en de Sierra de Gádor ligt een groote depressie, waardoor de Andarax stroomt. Zij ontvangt haar water, behalve van de Sierra Alhamilla, ook o.a. van de Sierra Nevada, van de Sierra de los Filabres en van de Sierra de Gádor en ontwatert in totaal een gebied van ongeveer 3000 KM.² Het is dan ook de eenige rivier van de provincie Almería, die tijdens het geheele jaar water bevat, en langs hare oevers van den benedenloop strekt zich, dank zij een uitgebreid bevoeiingssysteem, de vruchtbaarste en dichtst bevolkte streek van de provincie uit. Hier treffen wij talrijke dorpen aan: Viator, Huercal de Almería, Pechina, Rioja (109 M. hoog), Benahadux (93 M. hoog) en Gádor

(135 M. hoog). De Sierra de Gádor verheft zich ten westen van de lijn Almería-Gádor en is aldaar ongeveer 12 KM. breed en $\pm$ 1000 M. hoog. Almería is gelegen aan den zuidoostvoet van dit gebergte. Aan den noordrand ligt, 7 KM. ten westen van Gádor, het stadje Alhama de Almería ¹⁾ (490 M. hoog), waarbij een warme bron ontspringt. In het gebergte en ongeveer 13 KM. ten noordwesten van Almería ligt het dorpje Enix (730 M. hoog).

¹⁾ In den vervolge als Alhama aangeduid.

HOOFDSTUK II.

OVERZICHT VAN DE STRATIGRAFIE.

1. INLEIDING.

In volgorde van hun ouderdom kunnen in de Sierra Alhamilla de navolgende formaties onderscheiden worden:

kristallijne schisten, trias, tertiair, kwartair.

De kristallijne schisten vormen de kern van het gebergte; zij worden discordant bedekt door den trias, die als een aureool om den kern is gelegen. Op de triadische afzettingen en hiervan gescheiden door eene discordantie ligt het tertiair. Hiervan wordt het ouder-tertiair (prae-plioceen) in hoofdzaak alleen aan den noordrand van de Sierra Alhamilla aangetroffen; van het jonger-tertiair (plioceen) is het door eene discordantie gescheiden. De kwartaire afzettingen zijn veelal discordant op den ondergrond gelegen; ten opzichte van het plioceen bestaat echter dikwijls een concordantie.

Kaart 1 geeft de uitgestrektheid en de onderlinge grenzen van de verschillende formaties van de Sierra Alhamilla aan, het kwartair is er echter niet op aangegeven. De kaart is, zoowel topografisch ¹⁾ als geologisch, vervaardigd volgens de gegevens, die ik op het terrein heb verzameld. Zij verschilt aanmerkelijk van de geologische kaarten, die in 1889 en 1918 door de z.g.n. „Comisión del Mapa geológico de España” zijn gepubliceerd. Bij de bespreking van de verschillende formaties zullen deze verschillen in het kort worden gediscussieerd.

2. KRISTALLIJNE SCHISTEN.

Onderverdeeling.

Het grootste gedeelte van deze formatie wordt ingenomen door glimmerschisten, welke veelal granaten bevatten. Op enkele plaatsen in het noorden van de Sierra Alhamilla worden zij bedekt

¹⁾ De topografische opname geschiedde door het opmeten van afstanden en azimuthen en is in overeenstemming gebracht met de kaart van den generalen staf.

door marmers, welke echter steeds dun en weinig uitgestrekt zijn ¹⁾. Deze gelijken volkomen op de glimmerrijke marmers, van de Sierra de los Filabres, die aldaar veelal als „cipolien“-marmers worden aangeduid en algemeen tot het kristallijn gerekend worden.

Eene onderverdeeling van de glimmerschisten is lastig te maken, daar zij weinig variaties vertoonen. Wel schijnt het, alsof de dieper gelegen schisten wat grootere granaten bevatten, dan de hooger gelegen. Ik vond n.l. op den bodem van den minstens 300 M. diep in de glimmerschisten ingesneden barranco ten westen van den Cerro de la Mina, vaste glimmerschisten met granaten, die aanmerkelijk grooter zijn dan de granaten van de hooger gelegen schisten. In deze barranco komen ook toermalijnschisten voor, die vergezeld zijn van glimmerschisten met groote granaten. Evenwel worden op deze plaatsen ook de elders overal voorkomende schisten met zeer kleine granaten aangetroffen en lijkt het dus eene onmogelijkheid, eene onderverdeeling naar de grootte van de granaten op te maken. Evenmin kan dit geschieden met behulp van een, enkele meters dikke kalkbank, die op een hoogte van 730 M. en op een afstand van 2 KM. ten oosten van de Baños in de glimmerschisten voorkomt, doch nergens elders gevonden werd.

Het is zeker, dat de toermalijnschisten en de staurolietglimmerschisten dieper gelegen zijn dan de gewone glimmerschisten, en dat de glimmerrijke marmers de bovenste horizont der kristallijne schisten vormen.

Ouderdom der schisten.

Omtrent den ouderdom van de glimmerschisten en marmers van de Sierra Alhamilla valt alleen met zekerheid te constateeren, dat hij prae-triadisch is. De aanwezigheid van zuidoost-noordwest gerichte strekkingen, overeenkomende met die van het zuidelijke gedeelte van de Iberische Meseta, maakt het waarschijnlijk, dat deze schisten, althans ten deele, hercynisch geplooid zijn. Zij kunnen dus zeer goed metamorf palaeozoicum zijn. De, op enkele plaatsen waargenomen, overgangen tusschen de kristallijne schisten en de schisteuze gesteenten van de onderste afdeeling van den trias,

¹⁾ Ik trof een 2—2,5 M. dikke bank van de glimmerrijke marmer aan op een afstand van ongeveer 4 KM. ten O. van Lucainena in de nabijheid van den cortijo del Saltador, op de plaats waar de trias zeer dun is en waar de mijnspoorweg den noordrand doorsnijdt.

benevens de groote overeenkomst, die sommige gesteenten van de laatstgenoemde afdeeling met de kristallijne schisten vertoonen, wijzen erop, dat de jongere bergvormende bewegingen, die de metamorfose van deze triadische gesteenten bewerkstelligden, ook de onderliggende gesteenten gedeeltelijk hebben kunnen veranderen. Op de plaats, waar een overgang tusschen de kristallijne schisten en de onderste afdeeling van den trias gevonden werd, werd geene discordantie tusschen deze formaties opgemerkt. Hoewel het mogelijk is, dat een dergelijke discordantie door de orogenetische bewegingen, die de metamorfose der triadische gesteenten bewerkstelligden, gedeeltelijk werd weggewischt, kan ook verondersteld worden, dat plaatselijk eene concordantie tusschen de kristallijne schisten en den trias aanwezig was. Hieruit volgt, dat een gedeelte van het kristallijn jong-palaeozoisch zou kunnen zijn ¹⁾.

Omtrent den ouderdom van de kristallijne schisten vindt men in de literatuur weinig gegevens. Vele auteurs beschouwen het kristallijn van de Betische ketens als behoorend tot het archaicum, anderen nemen een jongeren ouderdom aan ²⁾.

Uitgestrektheid.

De kristallijne schisten nemen in de Sierra Alhamilla, wat uitgestrektheid betreft, de eerste plaats in onder de verschillende formaties. Vooral in het oosten treden zij ten opzichte van den trias sterk op den voorgrond.

De geologische kaart van 1889 geeft het kristallijn verkeerd aan, daar men toen de gesteenten van de onderste afdeeling van den trias nog tot het kristallijn rekende. De kaart van 1918 is veel beter en geeft ook den samenhang aan tusschen de kristallijne kernen van de Sierra Alhamilla en de Sierra Cabrera. Op de kaart van 1889 zijn deze kernen nog door plioceen gescheiden.

Echter geeft de kaart van 1918 bij Lucainena geen trias aan, en daar grenst het eoceen direct aan het kristallijn.

¹⁾ Zie ook pag. 9.

²⁾ Donayre beschouwt zoowel de kristallijne schisten, als alles, wat hier tot den trias gerekend is, tot het cambrium, doch acht het mogelijk, dat zij archaisch zijn (10. pag. 417).

Botella noemt de glimmerschisten van de Sierra de Gádor archaieisch. (5. pag. 259).

Douvillé spreekt over de aanwezigheid van „terrains cristallophylliens” (antecadien) in de Betische ketens (11 pag. 5), en geeft eene onderverdeling van Monreal (ibid. pag. 6).

Kristallijne schisten in andere gebieden.

In de Sierra de Gádor komen de kristallijne schisten slechts op die plaatsen voor den dag, waar diepe barranco's de dikke triasformatie ingesneden hebben en den kristallijnen ondergrond hebben blootgelegd. De glimmerschisten, die ik aldaar heb kunnen verzamelen, gelijken volkomen op die van de Sierra Alhamilla; staurolietglimmerschisten en toermalijnschisten heb ik echter niet aangetroffen, en worden ook niet door vroegere onderzoekers vermeld.

Daarentegen is het kristallijn in de Sierra de los Filabres over een groote uitgestrektheid blootgelegd. De glimmerschisten bevatten aldaar dikwijls zeer groote granaten, zoo groot als in de Sierra Alhamilla niet gevonden worden. Er werd reeds vermeld, dat de glimmerhoudende marmers aldaar een veel grootere uitbreiding bezitten dan in de Sierra Alhamilla.

3. TRIAS.

Onderverdeeling.

De trias bestaat uit drie afdeelingen, waarvan de onderste en bovenste uit gelijksoortige gesteenten zijn opgebouwd, welke zeer verschillen van de gesteenten der middelste afdeeling. De beide eerstgenoemde afdeelingen bestaan in hoofdzaak uit sterk gemetamorfoseerde gesteenten: leien, phyllieten, schisten en kwartsieten; de middelste afdeeling is samengesteld uit dolomieten en kalken.

Bij de bespreking van den geologischen ouderdom zal uiteenzet worden, dat de middelste afdeeling met zekerheid tot den trias gerekend kan worden en de beide andere afdeelingen met groote waarschijnlijkheid hiertoe behooren.

De stratigrafie is ongeveer de volgende:

Bovenste afdeeling.

In hoofdzaak phyllietische, blauwe en violette, zachte leien. Harde chlorietschisten. Enkele kwartsieten.

Grootste waargenomen dikte
± 200 M.

Middelste afdeeling.

Dolomieten en kalken, waarvan de donkere dolomieten overheerschen. In de dolomieten komt soms gips voor. Aan de basis op enkele plaatsen een lichtgele fijnkorrelige kalksteen ¹⁾. Fijne conglomeraten in hogere horizonten ²⁾.

Grootste waargenomen dikte $\pm$ 400 M.

Onderste afdeeling.

Phyllietische blauwe en violette leien. Chlorietschisten. Vele kwartsieten. Enkele kalkbanken. Talrijke kwartsgangen door alles heen. Gips.

Grootste waargenomen dikte minstens 100 M.

De bovenste afdeeling wordt alleen aan den noordrand van de Sierra Alhamilla aangetroffen en is gelegen tusschen de dolomieten en kalken van de middelste afdeeling en het eoceen, dat aldaar de basis van het tertiair vormt. Deze afdeeling is het dikst ter plaatse van den tunnel van de mijn van Lucainena, doch is overigens zeer uiteenlopend van dikte; enkele KM. ten oosten van Lucainena, waar de trias zeer smal is, bedraagt de dikte van deze afdeeling slechts 5—10 M.

Dergelijke groote verschillen in dikte worden ook bij de andere afdeelingen waargenomen. De middelste afdeeling bereikt de grootste dikte in het groote triasgebied ten westen van de lijn Nijar-Huebro, doch is op andere plaatsen soms zeer dun, en kan zelfs geheel ontbreken.

Hetzelfde geldt voor de onderste afdeeling, welke in de diepe barranco tusschen Nijar en Huebro ten minste 100 M. dik is (de onderste grens werd aldaar nergens gevonden), doch op andere plaatsen tot een minimale dikte kan gereduceerd zijn.

Soms is de geheele trias zeer dun en kan dan slechts vertegenwoordigd zijn door dolomietbanken en phyllietische leien, die elkaar

¹⁾ Zie pag. 14.

²⁾ Ongeveer 800 M. ten zuiden van Huebro, bij de korenmolen van Segura in de Rambla de Huebro.

zonder bepaalde regelmaat afwisselen (ten oosten van Lucainena). Hierbij gaat dus bovengenoemde onderverdeeling niet op.

Op een afstand van ongeveer 2 KM. ten zuidwesten van Nijar ontbreken plaatselijk de gesteenten van de middelste afdeeling, en worden de sterk geplooid en gebroken gesteenten van de onderste afdeeling door recente, horizontale, losse conglomeraten bedekt. Op betrekkelijk korten afstand ten noorden van deze plaats vindt men de middelste afdeeling weer op de onderste.

Ook een algemeen geldende onderverdeeling voor de verschillende afdeelingen is niet te geven. De onderste afdeeling begint meestal met phyllietische blauwe leien, doch ook wel met kwartsieten. Evenzeer is bij de afdeeling van de dolomieten en kalken de successie op verschillende plaatsen zeer uiteenlopend, hoewel de overheersching van de dolomieten boven de kalken daar regel is en de kalken aan haar basis meer schijnen voor te komen dan in hogere horizonten.

Grenzen en discordanties.

De onderste afdeeling rust op de kristallijne schisten en is hiervan in het algemeen petrografisch scherp afgescheiden. Er werd reeds op gewezen ¹⁾, dat zeer plaatselijk overgangen tusschen beide formaties voorkomen, hetgeen werd opgemerkt op een afstand van enkele honderden meters ten oosten van de Baños. Daar zij overigens, afgezien van de enkele uitzonderingen, in petrografisch opzicht zeer veel van elkaar verschillen, moet een eventueele overgang beschouwd worden als het gevolg van de sterke metamorfose door de intensieve bergvormende bewegingen. Hierbij werden de gesteenten van de onderste afdeeling van den trias zeer sterk veranderd, waarbij zij soms overgingen in gesteenten, die zeer veel gelijkenis met de glimmerschisten vertoonen ²⁾. Dan is de grens tusschen de beide formaties niet scherp te trekken, en bestaat bovendien de mogelijkheid, dat een gedeelte van de als triadisch beschouwde schisteuze gesteenten tot het jong-palaeozoicum behoort. Waar echter de beide formaties scherp van elkaar gescheiden zijn en geene overgangen vertoonen, beschouw ik de leien enz. als tot den trias behorend (zie verder bij ouderdom).

¹⁾ Zie pag. 6.

²⁾ Op 2 KM. afstand ten N. van Huebro, aan het bergpad naar Lucainena, vond ik, ingeschakeld tusschen de lei- en phyllietachtige gesteenten, een veel op glimmerschist gelijkend gesteente.

Bij de sterke jong-tertiaire bewegingen dienden de relatief zachte gesteenten van de onderste afdeeling als plastische onderlaag voor de veel stuggere pakketten der dolomieten en kalken en werden intensief geplooid en gestoord. Hierbij werden de kwartsieten gebroken en werden de tusschenruimten van de kwartsietbrokken door de ingeperste zachtere gesteenten opgevuld.

De zooveel stuggere kalken en dolomieten van de middelste afdeeling werden veel eenvoudiger geplooid; zij waren de „dominant layers” bij de plooiing en tusschen hen en de onderliggende door-eengeplooiden gesteenten ontstond oogenschijnlijk eene discordantie ¹⁾. Ten opzichte van het kristallijn gedroegen zich de zachte gesteenten op dezelfde wijze en behoeft dus de, tusschen beide afdeelingen veelal aanwezige, discordantie niet te wijzen op een groot stratigrafisch hiaat.

Op enkele plaatsen aan den noordrand van de Sierra Alhamilla, tusschen Lucainena en Turillas, is de onderste afdeeling dun en weinig gestoord; ze is dan concordant met de dolomieten en kalken van de middelste afdeeling, doch discordant met de glimmerschisten, hetgeen dan zeker wél een echte discordantie is.

Soms is de plastische onderlaag plaatselijk geheel uitgeperst en liggen de dolomieten en de kalken direct op de glimmerschisten, waarbij dan een duidelijke discordantie is waar te nemen.

Men mag dus wel besluiten tot het bestaan van eene discordantie tusschen den trias en het kristallijn.

De bovenste afdeeling is veel minder gestoord dan de onderste en niet, zooals deze, met talrijke kwartsgangen doorsneden. Zij is steeds concordant met de middelste afdeeling en meestal met het eoceen (zie aldaar).

Ouderdom.

Van de vroegere onderzoekers van de Sierra Alhamilla beschouwen Donayre ²⁾ en Calderon y Arana ³⁾ deze formatie tot het cambrium. Sánchez Lozano en Marin ⁴⁾ noemen de dolomieten triadisch, doch laten zich niet positief uit omtrent den ouderdom van de onderliggende leien enz. (cambrium,

¹⁾. Mallada (28. IV. pag. 227) spreekt over eene groote discordantie tusschen de beide afdeelingen.

²⁾. F. M. Donayre. 10. pag. 417.

³⁾. S. Calderon y Arana. 9. pag. 334.

⁴⁾. R. Sánchez Lozano y A. Marin. 41.

perm, of trias?). Van de onderzoekers, die de Sierra de Gádor bestudeerden ¹⁾ rekent de Botella de onderste afdeeling tot het cambrium, de dolomieten grootendeels tot het perm ²⁾; Gonzalo y Tarin noemt zoowel de onderste afdeeling, als de dolomieten en kalken triadisch ³⁾, Mallada acht de onderste afdeeling cambrisch ⁴⁾.

Het volkomen ontbreken van fossielen in alle afdeelingen van den trias maakt eene juiste ouderdomsbepaling zeer moeilijk. Tot nu toe werden nóch in de dolomieten, nóch in de kalken van de Sierra Alhamilla versteeningen aangetroffen; wel vond ik in een dungelaagden gelen kalksteen ten westen van de Baños enkele problematische resten, waarvan de uiterlijke vorm veel gelijkt op die van de versteeningen, die ik in een kalksteen van de Sierra de Gádor aantrof. (zie hieronder ad. 2).

Op grond van de volgende overwegingen moet een triadische ouderdom voor de dolomieten en kalken aangenomen worden:

1e. Gonzalo y Tarin vond in de kalken van de Sierra de Gádor op enkele plaatsen een kleine schelpkalkfauna o.a. *Myophoria laevigata* en *M. goldfussi*. De kalken uit de buurt van Enix, waar deze fossielen o.a. gevonden werden, komen geheel overeen met die van de Sierra Alhamilla. ⁵⁾

2e. Aan den noordostrand van de Sierra de Gádor, op een afstand van 4 KM. ten zuidwesten van Gádor, bij de z.g.n cortijo del Inglès, trof ik enkele weinig goed bewaarde triasfossielen (*Myophoria* e.a.) aan, in een vrij harden, geelgekleurden kalksteen, welke ook in de Sierra Alhamilla voorkomt.

3e. In een soortgelijken kalksteen, als ad. 2e genoemd, van de Sierra de los Filabres vond Zeylmans van Emmichoven in de nabijheid van Serón triadische versteeningen. ⁶⁾

¹⁾ In de Sierra de Gádor komen dezelfde gesteenten voor als in de Sierra Alhamilla, zoodat de onderzoekingen daarvan de aandacht verdienen.

²⁾ F. de Botella. 5. pag. 227. (zie ook de geologische kaart van de Sierra de Gádor door Botella [in 5. Lam. c.]).

³⁾ J. Gonzalo y Tarin. 24. pag. 101.

⁴⁾ Mallada. 28. IV. pag. 227.

⁵⁾ Bij een bezoek aan de omgeving van Enix kon ik mij hiervan overtuigen.

⁶⁾ Volgens eene mondelinge mededeeling van Ir. C. P. A. Zeylmans van Emmichoven m.i.

Hoewel in de Sierra Alhamilla geen triadische fossielen gevonden werden, mag, op grond van het hierboven aangevoerde, zonder eenig voorbehoud de triadische ouderdom van de dolomieten en kalken aangenomen worden.

De bovengenoemde vindplaatsen in de Sierra de Gádor en Sierra de los Filabres komen alle zeer plaatselijk voor en het is dus mogelijk, dat ook in de Sierra Alhamilla plaatselijk fossiel-vindplaatsen aanwezig kunnen zijn.

De ouderdomsbepaling van de leien, phyllieten, schisten en kwartsieten van de onderste afdeeling geeft de meeste moeilijkheden. Er werd reeds gewezen op de veel aanwezige pseudo-discordantie met de afdeeling van de kalken en dolomieten, die tot verkeerde conclusies omtrent den ouderdom leiden kan. Eveneens werd de discordantie met het kristallijn nauwkeurig onderzocht en naar aanleiding van de beschouwingen daaromtrent de mogelijkheid overwogen, of sommige gesteenten van de onderste afdeeling jong-palaeozoisch zouden kunnen zijn.

Thans zullen enkele motieven aangevoerd worden, welke pleiten voor den triadischen ouderdom van het overgrootste gedeelte dezer gesteenten.

1e. Zij gelijken in vele opzichten op de bontkleurige gesteenten, die in den trias van Midden-Europa een belangrijke rol spelen. De aanwezigheid van gips in deze afdeeling versterkt deze overeenkomst.

2e. Zij gelijken zeer veel op de leien enz. die op de dolomieten rusten en hiermede concordant zijn. Aangezien de dolomieten tot den trias behooren, is de waarschijnlijkheid groot, dat ook de daaronder gelegen gesteenten en de leien enz. erboven triadisch zijn.

3e. In de onderste afdeeling worden soms kalkbanken aangetroffen ¹⁾, welke geheel overeenkomen met kalksteen uit de middelste afdeeling. Soms is de geheele trias vertegenwoordigd door afwisselende kalk- (c.q. dolomiet) banken en banken van phyllietische leien ²⁾. Dit laatste vindt men, behalve op enkele plaatsen ten oosten van Lucainena, tevens op sommige punten tusschen Lucainena en Turillas.

¹⁾ o.a. enkele KM. ten westen van de Baños.

²⁾ Zie ook pag. 8 en 9.

Ik aarzel dan ook niet, zoowel de onderste als de bovenste afdeeling tot den trias te rekenen, behoudens enkele uitzonderingen. Barrois en Offret, die de Alpujarras ¹⁾ hebben onderzocht, noemen soortgelijke gesteenten, n.l. die van de z.g.n. etages van Motril en Albuñol, cambrisch. Omtrent deze gesteenten zeggen zij het volgende:

„L'âge des schistes satinés et des schistes à chloritoïde (étages de Motril et d'Albuñol) reste complètement indéterminé.” ²⁾ en verder:

„La concordance apparente de ces schistes avec les calcaires triasiques et les ressemblances de ces schistes satinés avec les roches triasiques des Alpes occidentales ne contre-balancent pas à nos yeux l'objection tirée de l'antériorité de ces schistes à l'injection des filons quartzeux granulitiques qui les transversent, et que nous devons considérer, jusqu'à preuve du contraire comme antérieurs au terrain houiller.” ²⁾.

Er is hiertegen aan te voeren, dat de kwartsgangen zeer goed ontstaan kunnen zijn bij de tertiaire, althans ná-triadische bergvorming, waarbij toch volgens de hierboven ontwikkelde opvatting, de leien geplooid, gemetamorfoseerd, en gedислоceerd werden en de hierbij gevormde spleten aanleiding gaven tot het ontstaan van kwartsgangen. Dat deze gangen niet in de dolomieten en kalken voorkomen, doch beperkt blijven tot de onderste afdeeling, is het natuurlijk gevolg van het niet verbroken zijn dezer „dominant layers”.

Het optreden dezer kwartsgangen pleit m.i. niet tegen de aanname van den triadischen ouderdom der onderste afdeeling. Daarentegen pleit juist de overeenkomst van de gesteenten dezer afdeeling met die van de bovenste afdeeling sterk vóór dezen ouderdom en tegen de aanname van een anderen. Het blijft intusschen te betreuren, dat deze opvatting niet ondersteund kan worden met palaeontologische motieven.

Dat de gesteenten van de bovenste afdeeling eveneens tot den trias gerekend moeten worden werd hierboven uiteengezet. Bij het groote stratigrafische hiaat tusschen deze afdeeling en het erop gelegen eoceen is het merkwaardig, dat deze zachte leien door de erosie, althans gedeeltelijk, gespaard bleven, terwijl er

¹⁾ Onder de Alpujarras verstaat men de ten zuiden van de Sierra Nevada gelegen lagere bergruggen, die als de voortzetting van de Sierra de Gádor naar het westen zijn te beschouwen.

²⁾ Ch. Barrois et A. Offret. I. pag. 114.

toch van beschermende lagen, ouder dan eoceen, niets te vinden is. Dan rijst dus de vraag, of niet, tusschen den trias en het eoceen, dergelijke leien, die niet van de triadische te onderscheiden zijn, zouden kunnen zijn afgezet. Het volkomen gemis van fossielen in deze leien laat echter niet toe, hieromtrent eene conclusie te trekken. Vooralsnog rekenen wij deze gesteenten tot den trias.

Over den ouderdom van triadische leien en analoge gesteenten zegt Haug nog het volgende:

„La principale cause pour laquelle la vraie extension géographique du Trias marin en dehors de l'Europe ¹⁾ n'a été reconnu que dans les trentes dernières années réside dans le fait, que ces dépôts sont localisés principalement dans des régions plissées, d'un accès difficile où ils se présentent fréquemment avec un facies, qui les a fait confondre avec les terrains paléozoïques.” ²⁾

Er is reeds vermeld, dat tusschen de gesteenten van de onderste afdeeling en de dolomieten en kalken soms een lichtgeel gekleurde zachte kalksteen voorkomt. Ik trof deze aan op enkele plaatsen aan de oostzijde van de barranco tusschen Nijar en Huebro en op een afstand van ongeveer 1500 M. ten zuidwesten van Nijar; bovendien aan den zuidoostvoet van den Cerro de la Mina, ongeveer op de plaats, waar het bergpad naar het loodmijntje den berg opgaat.

De ligging dezer kalken aan de basis van de middelste afdeeling van den trias wijst er op, dat zij vermoedelijk triadisch zijn. Macroscopisch gelijken zij echter veel op dergelijke gesteenten van het tertiair, waarmede zij ook bij microscopisch onderzoek overeenkomst vertoonen. Evenals deze bevatten zij n.l. meerdere doorsneden van *Globigerina* en een enkele van *Nodosaria*. Volgens Prof. Dr. L. Rutten, die met groote bereidwilligheid een praeparaat van dit gesteente voor mij onderzocht, zijn deze foraminiferen voor ouderdomsbepaling ongeschikt. Op grond van hun stratigrafische ligging beschouw ik deze gesteenten vooralsnog als triadisch, hoewel ik het niet onmogelijk acht, dat zij tot het tertiair behoreen, in welk geval zij door gecompliceerde tectonische bewegingen op hun tegenwoordige plaatsen gebracht zouden zijn.

¹⁾ Hiertoe is vermoedelijk het geologisch nog minder goed bekende Zuid-Spanje ook bedoeld.

²⁾ E. Haug. 25. pag. 912.

Uitgestrektheid. ¹⁾

In de westelijke helft van de Sierra Alhamilla heeft de trias een veel grootere uitgestrektheid dan in de oostelijke helft, waar hij slechts als een smalle strook om het kristallijn aanwezig is en op sommige plaatsen geheel ontbreekt.

Het sterkste is de trias ontwikkeld in het gebied ten westen van de lijn Nijar-Huebro, alwaar hij in noord-zuidelijke richting ter hoogte van den Cerro de la Mina over een afstand van ongeveer 9 KM. aangetroffen wordt en slechts door een 1,5 KM. breede strook der kristallijne schisten is onderbroken.

Ten oosten van Polopos zijn de randen van den trias zeer smal, evenals op de plaats, waar de Sierra Alhamilla in de Sierra Cabrera overgaat. In de Sierra Cabrera overheerschen de glimmer-schisten en komt de trias alleen aan den noordrand voor.

De kaart van 1889 geeft de triasleien nog als kristallijn aan. Op de kaart van 1918 worden zij tot den trias gerekend; de zuidgrens met het tertiair is hierop echter grootendeels verkeerd aangeduid; zij loopt bij Nijar ongeveer 3 KM. te veel naar het noorden, zoodat tusschen Nijar en Huebro alles als tertiair is aangegeven.

Trias in andere gebieden.

In de Sierra de Gádor komt de trias op dezelfde wijze voor als in de Sierra Alhamilla; de bovenste afdeeling der leien enz. wordt hier niet aangetroffen en door geen onderzoeker genoemd. Gonzalo y Tarin onderscheidt twee afdeelingen: een onderste van leien enz. en een bovenste van kalken en dolomieten; in de laatstgenoemde afdeeling komen de kalken aan de basis voor en de dolomieten erboven. ²⁾

De Sierra de Gádor bestaat bijna geheel uit triadische gesteenten en het kristallijn komt er slechts op enkele plaatsen aan de oppervlakte. ³⁾

¹⁾ Op kaart 1 zijn de onderafdeelingen van den trias niet afzonderlijk aangegeven. Het ontbrak mij aan tijd hunne onderlinge grenzen met eenige nauwkeurigheid vast te leggen.

²⁾ J. Gonzalo y Tarin. 24. pag. 102—104.

³⁾ Volgens eigen waarnemingen. Zie bovendien de geologische kaart van de Sierra de Gádor door de Botella (5. Lam. c.).

In de Sierra de los Filabres bij Serón begint de trias met een dik pakket van een mergelachtig gesteente, dat plaatselijk een conglomeratisch uiterlijk heeft. Hierop ligt de afdeeling der leien enz., waarop die der dolomieten en kalken volgt. Het schijnt, dat deze laatsten plaatselijk door leiachtige gesteenten bedekt zijn. Het mergelige gesteente aan de basis is in de Sierra Alhamilla niet bekend en wordt ook niet van de Sierra de Gádor beschreven.

Fallot beschrijft van Majorca en Ibiza iriseerende triasmergels, welke volgens hem ook veel voorkomen in de provincies Valencia en Alicante. De blauwe leien (*laguena's*) van de provincie Almería, welke hiermede schijnen overeen te komen, beschouwt hij als perm of onder-trias (werfenien). ¹⁾

Van de provincie Jean beschrijft Douvillé iriseerende gipshoudende mergels uit den trias van de Subbetische zone. ²⁾

Ertsen.

Het belangrijkste erts van de Sierra Alhamilla is sideriet, dat als metasomatisch erts alleen in de triasdolomieten voorkomt. De verertsing van de dolomieten had plaats ná de jong-tertiaire bergvormende bewegingen, waardoor de triadische gesteenten aan den noordvleugel van de Sierra Alhamilla in verticalen of zelfs eenigszins naar het N. omgekantelden stand gebracht werden. Het meerendeel van de siderietvoorkomens is in dezen noordvleugel gelegen, welke vanaf het uiterste westen van de Sierra Alhamilla tot op enkele kilometers ten oosten van Lucainena min of meer gemineraliseerd is. Daarentegen wordt in de dolomieten van den zuidrand, behalve bij de Baños, nergens ijzererts aangetroffen. Klaarblijkelijk werden dus de verticale dolomietbanken van den noordrand door de ijzerhoudende oplossingen geprefereerd boven de dolomieten van den zuidrand.

Bij Lucainena wordt de sideriet geëxploiteerd en blijkt de metasomatische vorming van het ertslichaam duidelijk uit de onregelmatigheid van het voorkomen. Het erts is aldaar aan de oppervlakte in haematiet omgezet ³⁾, dat vrij veel mangaan bevat ⁴⁾,

¹⁾ P. Fallot. 14. pag. 27—49.

²⁾ R. Douvillé. 12. pag. 36.

³⁾ Deze verandering is het gevolg van het droge klimaat; in de hoogere Sierra de los Filabres, waar meer neerslag valt, verandert de sideriet in limoniet (o.a. bij Serón).

⁴⁾ R. W. van der Veen. 47. pag. 612.

en tot op een diepte van ongeveer 30 M. aangetroffen wordt. In het westen van de Sierra Alhamilla komt ook bij de Baños sideriet in de dolomieten voor, alwaar het erts nog enkele jaren geleden ontgonnen werd. Het is waarschijnlijk, dat de verertsing van dit gedeelte van de Sierra in verband te brengen is met de breuk tusschen de Sierra Alhamilla en de Sierra de Gádor.

Nog op enkele andere plaatsen zijn de dolomieten gemineraliseerd, o.a. in den Culaitiví, waar zij ongeveer horizontaal zijn gelegen. Men heeft het erts aldaar vroeger wel ontgonnen.

Op een afstand van ± 5 KM. ten noordoosten van Nijar en in de nabijheid van de z.g.n. cortijo van Doña Concha zijn in de glimmerschisten twee, ongeveer 50 c.M. dikke en N. 30 W. gerichte, gangen van haematiet te vinden. Zeer waarschijnlijk gaat het erts in de diepte over in sideriet, die dus aan de oppervlakte in haematiet veranderd werd. Deze gangen zijn waarschijnlijk te vergelijken met die, welke bij Tesorero en Gergal gevonden worden.

Galeniet komt in geringe hoeveelheid in de dolomieten van den Cerro de la Mina voor en is, evenals de sideriet, waarschijnlijk metasomatisch. Het wordt in een klein mijntje ontgonnen.

4. TERTIAIR.

De Sierra Alhamilla wordt in het noorden, zuiden en westen door tertiair omgeven. De oudste der aanwezige lagen behooren tot het eoceen, de jongste naar alle waarschijnlijkheid tot het plioceen. Hiertusschen is eene serie gesteenten gelegen, waarvan de ouderdom niet met zekerheid vast te stellen is. Waarschijnlijk moeten deze gesteenten tot het oligoceen en mioceen gerekend worden. Daar zij concordant zijn met het eoceen en van het plioceen door eene discordantie zijn gescheiden zullen zij gezamenlijk met de eoceene gesteenten bij het ouder-tertiair besproken worden. Dit ouder-tertiair komt in hoofdzaak aan de noordzijde van de Sierra Alhamilla voor; het plioceen wordt zoowel ten noorden als ten zuiden ervan aangetroffen.

A. OUDER-TERTIAIR.

Fábrega wees het eerst op de aanwezigheid van eoceen aan den noordrand van de Sierra Alhamilla. Sánchez Lozano vermeldt van de eoceene gesteenten glimmer- en kalkhoudende zandsteen en mergels. ¹⁾

¹⁾ R. Sánchez Lozano. 42.

Onderverdeeling.

De stratigrafie van het ouder-tertiair aan den noordrand van de Sierra Alhamilla is het best te bestudeeren in de omgeving van Lucainena. Van zuid naar noord volgen daar achtereenvolgens op elkaar:

- a. Donkergrijze, c.q. bruine, kalkhoudende, fijn-conglomeratische tot fijn-breccieuze gesteenten.

Deze gesteenten zijn zeer kalkrijk en bevatten behalve kwarts fragmenten van alle gesteenten van den trias. Niet zelden worden stukken van schelpen van lamellibranchiaten (*Cardium*, *Ostrea*?), aangetroffen, die echter nooit in een toestand bewaard zijn gebleven, goed genoeg om determinatie mogelijk te maken. Dit vrij harde gesteente komt als een ongeveer verticale, ± 10 M. dikke, ongeëelde bank langs den noordrand voor, en grenst aan de zuidzijde aan de leien van de bovenste afdeeling van den trias. Vanaf het uiterste westen van de Sierra Alhamilla is het tot ongeveer 2 KM. ten westen van Lucainena te vervolgen, terwijl het meer naar het oosten nergens gevonden wordt. Iets oostelijk van Turillas is het tot een hoogte van ongeveer 860 M. te vinden.

- b. Donkergrijze, fijnkorrelige, zandige schalies van frysachtig uiterlijk.

Deze gesteenten komen langs den geheelen noordrand voor, alwaar zij veelal verticaal staan en soms iets naar het noorden omgekanteld zijn. Zij vertoonen uiterst weinig variatie, slechts enkele gesteenten wijken van het algemeene type af. Zoo vond ik o.a. in den barranco, die langs de noordzijde van de werkplaats van de mijn van Lucainena loopt, op een afstand van ongeveer 600 M. van het dorp verwijderd, een los grof conglomeraat, dat zeer kalkrijk is en enkele fossielen (o.a. *Spondylus*) bevat. Zeer waarschijnlijk behoort dit gesteente tot deze serie en is in een hoog stratigrafisch niveau ervan gelegen.

De maximale dikte van deze afdeeling mag op ongeveer 600 à 700 M. aangenomen worden.

- c. Lichtgekleurde, min of meer fijnkorrelige, vrij harde kalksteen.

Door hun grootere hardheid ten opzichte van de andere gesteenten komen zij, in het overigens vrij vlakke terrein, als ruggen

te voorschijn, welke tot ongeveer 50 M. boven hunne omgeving uitsteken (o.a. de heuvel 700 M. ten noorden van Lucainena, waarop de ruïne van een moorschen toren staat). Deze gesteenten vertoonen in het algemeen een helling van 50° — 60° naar het noorden, doch zijn soms verticaal en zelfs iets overkipt. Hun dikte bedraagt ± 20 M.

d. Zandsteen met gips; zeer fijnkorrelige geel- en grijsgekleurde mergels; conglomeraten.

Deze gesteenten vormen een zeer monotone serie, waarvan de dikte niet met juistheid is te schatten, daar zij over de geheele breedte geplooid is. Naar het noorden strekt zij zich tot aan de Loma de la Cumbre en de Serrata de Lucainena uit en wordt aldaar door het plioceen bedekt.

Op een afstand van ongeveer 450 M. ten zuiden van de Loma de la Cumbre vindt men aan den weg, die van Lucainena naar den straatweg van Tabernas en Sorbas voert, tusschen de zachte zandsteen en mergels, twee ongeveer 1 M. dikke conglomeraatbanken ingeschakeld. Deze hellen, evenals de omringende gesteenten, $\pm 70^{\circ}$ N.; zij zijn vrij los en bevatten, tot 30 c.M. groote, rolstukken van toormalijnschist, diabaas en granaatglimmerschist, terwijl eveneens een rolstuk van een grof-granietisch gesteente aangetroffen werd. De rolstukken van diabaas en graniet zijn naar alle waarschijnlijkheid niet van de Sierra Alhamilla afkomstig, daar deze gesteenten aldaar nergens gevonden werden. Het is mogelijk, dat zij van de Sierra de Los Filabres, waar dergelijke gesteenten wel aanwezig zijn, tot in de nabijheid van de Sierra Alhamilla vervoerd werden.

Ongeveer 4 KM. ten westen van de Baños wordt in een barranco op een hoogte van 260 M. en een weinig ten zuiden van den triasdolomiet een grijsgekleurd, fijn-conglomeratisch gesteente aangetroffen, dat macroscopisch overeenkomt met de hierboven ad a. beschreven gesteenten en naar alle waarschijnlijkheid van denzelfden ouderdom is.

De ad. b. genoemde flyschachtige gesteenten komen ook op enkele plaatsen ten westen van de Sierra voor.

De zandsteen en mergels van de afdeeling d. worden rondom de westzijde van de Sierra Alhamilla overal aangetroffen. Aan de zuidzijde komen zij slechts op enkele plaatsen aan den dag, o.a. bij de z.g.n. Cueva de las Ubedas, in den barranco van Nijar

(aan de oostzijde van het dorp) en aan den voet van de plioceene heuvels ten oosten van Nijar, waar zij door het plioceen bedekt werden; bovendien trof ik deze gesteenten nog in een barranco, 2 KM. ten oosten van Polopos, aan. ¹⁾.

Ten zuidwesten van de Baños zijn deze zandsteen en mergels, die daar ongeveer 20° zuidwaarts hellen, concordant bedekt door vrij losse conglomeraten, die uit enkele c.M. groote rolstukjes van dolomiet, kwarts, kwartsiet en glimmerschist, verbonden met een bruin zanderig cement, zijn samengesteld. Naar alle waarschijnlijkheid behooren deze conglomeraten tot deze serie.

Grenzen en discordanties.

Er werd reeds op gewezen, dat aan den noordrand van de Sierra Alhamilla het eoceen bijna steeds concordant is met de bovenste afdeeling van den trias ²⁾. Men vindt daar voor de beide formaties overeenkomstige strekkingen (oost-west) en ongeveer gelijke hellingen. Op een afstand van ongeveer 4 KM. ten oosten van Lucainena en iets ten oosten van de cortijo del Saltador stooten de verticale eoceene zandige schalies tegen de donkere dolomieten (de bovenste afdeeling van den trias ontbreekt aldaar plaatselijk), zoodat hier dus eene discordantie tusschen den trias en het eoceen aanwezig is. Enkele honderden meters meer naar het oosten zijn de formaties weder concordant.

In het westen van de Sierra Alhamilla, 2 à 3 K.M. ten westen van de Baños, zijn de strekkingen van de dolomieten en kalken van den trias ongeveer zuidwest-noordoost gericht. De strekkingen van de mergels en zandsteen (zie ad. d.), die den trias aldaar begrenzen, zijn, afgezien van enkele onregelmatigheden, ongeveer evenwijdig met den westelijken omtrek van den trias. Tusschen het ouder-tertiair en den trias moet daar dus eene discordantie bestaan, welke als zoodanig echter nergens ontbloomt is.

De discordantie tusschen het ouder-tertiair en het plioceen, zooals die ten noorden van de Sierra Alhamilla bij de Loma de Cumbre en de Serrata de Lucainena wordt aangetroffen, werd elders reeds vermeld. In de Loma de la Cumbre helt het plioceen ongeveer 10° noord, het eronder gelegen ouder-tertiair daarentegen 70°-80° noord. Aan den zuidvoet van de Sierra Alhamilla zijn

¹⁾ Op kaart 1 zijn deze kleine ontsluitingen met a aangegeven.

²⁾ Zie pag. 10.



Fig. 1.

Discordantie tusschen ouder-tertiaire gesteenten en recente conglomeraten en zanden in een barranco, 3,5 KM. ten noorden van Turillas.

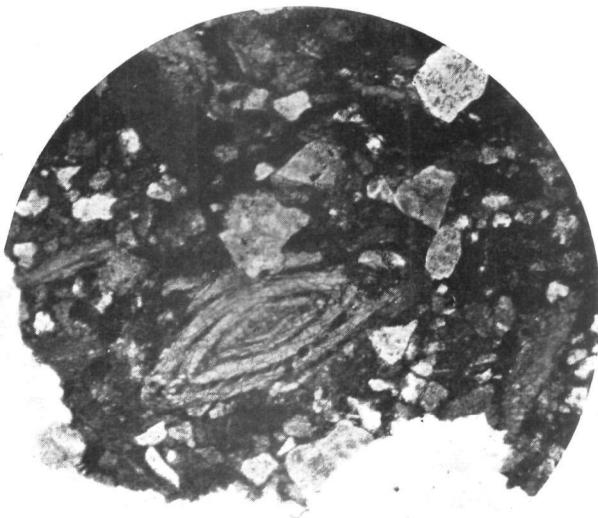


Fig. 2.

Vergr. 25 $\times$. Doorsnede van een nummuliet uit het eoceene, fijn-conglomeratische gesteente, 2,5 KM. ten westen van Lucainena.

dergelijke discordanties eveneens waar te nemen in enkele diepe barranco's, waar het ouder-tertiair onder de bedekking van het plioceen voor den dag komt. Ten oosten van Nijar worden aan de basis van de plioceene heuvels aan de noordzijde de ongeveer 40° naar het zuidwesten hellende ouder-tertiaire gesteenten discordant bedekt door het 10° - 15° Z. hellende plioceen. In den barranco van Nijar, achter het kerkhof, helt het ouder-tertiair ongeveer 20° - 25° Z.

Discordanties tusschen ouder-tertiaire gesteenten en losse, horizontale, recente conglomeraten worden, zoowel aan den noordrand van de Sierra Alhamilla, als in het terrein tusschen dit gebergte en de rivier van Almería, algemeen gevonden. Fig. 1 (Plaat 2) toont een dergelijke discordantie in een barranco, 3,5 KM. ten noorden van Turillas.

Ouderdom.

In het hierboven (pag. 18) ad. a. beschreven gesteente komen sporadisch foraminiferen voor, welke tot een grootte van 1.5 m.M. aangetroffen werden en alleen microscopisch zijn op te sporen. ¹⁾ Prof. Dr. L. Rutten, die de vriendelijkheid had, mijne praeparaten te onderzoeken, constateerde de aanwezigheid van echte *Nummulinidae* (*Nummulites* en *Operculina*?). Deze zijn naar alle waarschijnlijkheid van eoceenen ouderdom, daar in Zuid-Europa in jongere formaties dan het eoceen geene nummulieten, doch lepidocyclinen aangetroffen worden ²⁾. Hoewel dus niet met absolute zekerheid de eoceene ouderdom voor het fijn-conglomeratische kalkhoudende gesteente aangenomen kan worden, beschouw ik op grond van bovengenoemde overweging dit gesteente tot het eoceen.

De ad. b. vermelde flyschachtige gesteenten blijken bij microscopisch onderzoek geene nummulieten te bevatten, daarentegen wel vele globigerinen. Een enkele maal werden *Amphistegina*, *Textularia* en *Rotalia* aangetroffen. Fábrega vermeldt den eoceenen ouderdom van deze gesteenten op grond van hun flyschachtig uiterlijk en de aanwezigheid van enkele hieroglyphen, o.a. *Scolithia prisca* ³⁾. Ik beschouw deze gesteenten eveneens als eoceen, temeer daar ik hierin enkele fossielen vond, die van andere eoceene vindplaatsen beschreven zijn, n.l. een *Spondylus Nysti* d' Archiac ten

¹⁾ Zie fig. 2 (Plaat 2).

²⁾ Volgens eene schriftelijke mededeeling van Prof. Dr. L. Rutten.

³⁾ Volgens eene schriftelijke mededeeling van D. Pablo Fábrega. Zie bovendien R. Sanchez Lozano. 42.

noordwesten van Lucainena, en een *Chlamys subtripartita* d' Archiac spec. ten zuiden van de Baños. Deze fossielen zijn uit het lutetien van Zuid-Frankrijk beschreven. ¹⁾

De ad. c. vermelde kalken bevatten o. h. m. enkele foraminiferen, waaronder enkele *Nummulinidae* en moeten met vrij groote zekerheid, eveneens tot het eoceen gerekend worden.

Fábrega beschouwt de ad. d. genoemde serie gesteenten als eoceen ²⁾, met welke zienswijze ik mij niet geheel kan vereenigen. Wel zijn deze gesteenten concordant met die ad. c. vermeld en worden zij op de hierboven reeds vermelde plaatsen discordant door het plioceen bedekt, doch zij gelijken in geen enkel opzicht op de hiervoor beschreven, als eoceen aangeduide, gesteenten. Evenmin worden er *Nummulinidae* in aangetroffen. Ofschoon de palaeontologische bewijzen ontbreken, meen ik, dat deze gesteenten jonger zijn dan het eoceen en tot het oligoceen en mioceen behooren.

Uitgestrektheid.

De uitgestrektheid, zoowel van het eoceen als van de hierop volgende serie van jongere gesteenten, is in het voorgaande reeds besproken.

Op de geologische kaart van 1889 is al het tertiair als plioceen aangegeven. De kaart van 1918, welke bewerkt is door Fábrega, duidt ook de hierboven als oligoceen en mioceen genoemde gesteenten aan als eoceen. Op deze kaart is de grens met het jongere tertiair direct ten zuiden van Tabernas aangegeven, terwijl ik het ouder-tertiair eerst op ongeveer 1,5 KM. ten zuiden ervan onder horizontale conglomeraten aantrof. Bovendien zet het zich ten westen van de Sierra Alhamilla niet tot aan de rivier van Almería voort, zooals op deze kaart is aangegeven, doch is op de meeste plaatsen bedekt door een conglomeraat, van plioceenen of jongeren ouderdom.

B. PLIOCEEN.

Onderverdeeling.

Een juiste onderverdeeling van het plioceen is moeilijk te

¹⁾. Zie voor *Spondylus*: M. Cossman, Synopsis illustré etc. Mem. soc. géol. de Fr. XXIV. Fasc. 1—2 mem. no. 55. Pl. XIV. fig. 1 pag. 186, 1922.

Id. voor *Chlamys*: J. Boussac, Etudes stratigraphiques etc. Annales Hébert. Ann. de strat. et de pal. V. 1911.

²⁾. Zie geologische kaart van 1918.

geven, daar het op verschillende plaatsen anders voorkomt en het bovendien lastig is uit te maken, of het overal even oud is. Van het plioceen aan den zuidrand van de Sierra Alhamilla onderzocht ik nauwkeurig de successie in de, ten oosten van Nijar gelegen, heuvels. Deze heuvels grenzen in het noorden aan de dolomieten van den trias; in een kleine ontsluiting vindt men aldaar mergelige gesteenten van het ouder-tertiair tusschen de dolomieten en het plioceen ingeschakeld. Op deze mergels rusten de plioceene sedimenten met eene discordantie. Van beneden naar boven is de stratigrafie van het plioceen hier als volgt:

lichtgekleurde, losse, conglomeratische kalksteen, naar boven overgaande in fijnkorreligere met talrijke fossielen.

harde fossielrijke, lichtroze gekleurde kalksteen op den top.

Aan den zuidrand van deze heuvels is de successie als volgt:

dikbankige, losse, geelgekleurde zandsteen met zeer vele fossielen, die karakteristiek zijn voor strandvormingen (grootte, dikschalige *ostrea's*, *pecten*, *spondylus*). ± 12 M. dik.

afwisselende, 1—2 M. dikke, banken van conglomeraten en zandsteen. ± 50 M. dik.

witte, poreuze, fijnkorrelige kalksteen met talrijke fossielresten, gekroond door harde, vaste kalksteen. Tezamen ± 30 M. dik.

Meer naar het oosten en in de nabijheid van den heuvel, „El Hoyazo” genaamd, is het plioceen vrijwel uitsluitend vertegenwoordigd door harde, lichtgekleurde kalksteen, die dikwijls fossielen bevatten en bij microscopisch onderzoek rijk aan *Lithothamnium* zijn.

Het plioceen van de Campo de Nijar is in tegenstelling met dat van de heuvels ten oosten van Nijar meer of minder horizontaal gelegen. Het bestaat uit zandsteen en conglomeraten.

Het plioceen van de Loma de la Cumbre en de Serrata de Lucainena is ongeveer op dezelfde wijze ontwikkeld als dat van de heuvels bij Nijar; aan de basis liggen conglomeraten en zandsteen, daarboven fossielrijke kalkhoudende gesteenten. Het is echter niet uit te maken of dit hetzelfde plioceen is als aan den zuidrand van de Sierra Alhamilla.

Discordanties.

De discordantie met het ouder-tertiair werd reeds vermeld ¹⁾.

¹⁾ zie pag. 20 en 21.

Waar het plioceen met den trias in aanraking komt, zooals ten oosten van Nijar, treedt eene discordantie op, die echter niet steeds duidelijk te herkennen is; vooral niet wanneer het plioceen een eenigszins belangrijke helling vertoont. De hellingen van den trias zijn n.l. aan den zuidvleugel van de Alhamilla-anticline belangrijk geringer dan aan den noordvleugel en verschillen dan soms weinig met de hellingen van het plioceen. Toch vertoont de trias steeds een sterkere helling naar het zuiden dan het plioceen, en moet dus een discordantie tusschen de beide formaties aangenomen worden.

Ouderdom.

De vaststelling van den juisten ouderdom van de jongste afzettingen van het tertiair moet geschieden aan de hand van het verzamelde palaeontologische materiaal. Dit is in hoofdzaak afkomstig uit de omgeving van Nijar en bevat verschillende soorten ostrea's, pecten, spondylus, enkele terebratula's. Behalve oesters werden ook andere lamellibranchiaten gevonden. De juiste determinatie en ouderdomsbepaling dezer versteeningen is niet gemakkelijk en slechts enkele fossielen heb ik met zekerheid kunnen vaststellen, n.l. *Pecten Jacobaeus* Lk. en *Terebratula Grandis*, welke fossielen voor het plioceen karakteristiek zijn. Voor de determinatie der overige versteeningen heb ik niet voldoende vergelijkingsmateriaal en literatuur kunnen verzamelen.

Hoewel aldus de vaststelling van den plioceenen ouderdom dezer gesteenten op weinige goede gronden berust, geloof ik dezen ouderdom hiervoor toch te mogen aannemen. Ter verkrijging van absolute zekerheid hieromtrent zou een speciaal uitgebreid onderzoek noodzakelijk wezen.

Zoowel Donayre ¹⁾, als Osann ²⁾ en Douvillé ³⁾ noemen het tertiair uit dit gedeelte van de provincie Almería plioceen, zooals het ook op de kaart van 1889 is aangegeven. Daarentegen geeft de kaart van 1918 mioceen aan; het is mij niet bekend welke de redenen zijn, die hiertoe aanleiding gaven.

Uitgestrektheid.

De grens tusschen het ouder-tertiair en plioceen ten noorden

¹⁾ F. M. Donayre. 10. pag. 434—447.

²⁾ A. Osann. 35. pag. 365.

³⁾ R. Douvillé. 11. pag. 106, 108, 109.

van de Sierra Alhamilla loopt ongeveer op een afstand van 3 KM. noordelijk van Lucainena en Turillas. Deze grenslijn kon niet overal met volkomen juistheid worden vastgelegd, daar hij op vele punten ten westen van de Serrata de Lucainena door recente conglomeraten bedekt is. Het plioceen bereikt hier de grootste hoogte in de Loma de la Cumbre (630 M). Overigens wordt de vlakte van Sorbas en Tabernas voor het grootste gedeelte door plioceene sedimenten ingenomen.

Aan den zuidrand van de Sierra Alhamilla grenst het plioceen direct aan den trias; slechts op enkele plaatsen komt aldaar het onderliggende ouder-tertiar aan de oppervlakte. De grootste hoogte, waarop het plioceen hier voorkomt, is 430 M. en wordt bereikt in de heuvels ten oosten van Nijar.

Op een afstand van enkele kilometers ten westen van Polopos worden de glimmerschisten plaatselijk bedekt door plioceene kalken, terwijl ten zuiden hiervan de trias langs den rand van de Sierra Alhamilla ontbreekt en het plioceen aan het kristallijn grenst.

5. KWARTAIR.

Harde kalkbreccies zijn zeer algemeen, zoowel in de Sierra Alhamilla als in de Sierra de Gádor. Het zijn oppervlakkige vormingen van hoekige stukken triasdolomiet en kalk, en van enkele andere gesteenten (kwarts, glimmerschist), verkit door een roodachtig gekleurd, kalkhoudend cement. Zij komen als een krans om de dolomiet- en kalkbergen voor en zijn aan geen bepaalde hoogte gebonden. Deze breccies moeten als echte hellingpuinbreccies beschouwd worden. Zij komen ook op betrekkelijk hooggelegen plaatsen in de bergen voor en bestaan dan alleen uit materiaal van den ondergrond. Aan enkele zeer groote afgestorte dolomietblokken kon ik waarnemen, dat het vaste dolomietgesteente in de breccie overgaat, zoodat de breccies ten deele ter plaatse gevormd moeten zijn. Tusschen de vrij groote hoekige stukken worden soms afgeronde aaneengekitte dolomietstukjes gevonden, die er op wijzen, dat plaatselijk stroomend water aanwezig was.

Volgens Barrois en Offret, die soortgelijke breccies uit de Alpujarras beschrijven, werd het kitmiddel gevormd, doordat stroomend kalkhoudend grondwater in warme streken snel het koolzuur aan de lucht verliest en de kalk als tuf tusschen de gesteentefragmenten afzet. In noordelijker streken zijn dergelijke breccies uit het kwartair niet bekend, daar het water daar aan de oppervlakte minder

snel het koolzuur verliest. Uit den trias en het carboon van Noord-Frankrijk zijn volgens Barrois en Offret dergelijke breccies bekend. ¹⁾

Ook op verderen afstand van de dolomietbergen verwijderd, zijn deze breccies in de Sierra Alhamilla niet zeldzaam, zij worden o.a. aan den zuidvoet van de pliocene heuvels ten oosten van Nijar waargenomen en bevatten aldaar ook fragmenten van de pliocene kalken. Het lijdt echter geen twijfel, dat zij op dezelfde wijze gevormd werden als de breccies om de dolomietbergen.

Uitgestrekte conglomeraten zijn aan den noordostrand van de Sierra de Gádor tusschen het dorp Gádor en de dolomietbergen ten zuiden van Alhama overal aanwezig. Zij zijn vrijwel horizontaal gelegen en vormen een plateau, dat 250-300 M. hoog is. Bovendien zijn in de depressie tusschen de Sierra de Gádor en de Sierra Alhamilla recente conglomeraten, in hoofdzaak uit rolstukken van glimmerschisten samengesteld, zeer verbreid. Veelal zijn ze horizontaal gelegen, echter werden hellingen tot 15°-20° waargenomen.

Op vele plaatsen aan den noordrand van de Sierra Alhamilla worden de gepeneplainizeerde ouder-tertiaire gesteenten door losse recente conglomeraten en zandsteen bedekt (zie fig. 1, Plaat 2).

De horizontale conglomeraten van den Serrucho de Marchante (de ten westen van de Serrata de Lucainena gelegen heuvelrug), zijn, evenals de horizontale conglomeraten ten zuiden van Tabernas, van jongen datum.

Op kaart 1 is het kwartair niet aangegeven.

¹⁾ Ch. Barrois et A. Offret. 2.

HOOFDSTUK III.

PETROGRAFIE.

A. BESCHRIJVING DER GESTEENTEN VAN HET KRISTALLIJN, TRIAS EN TERTIAIR.

1. KRISTALLIJNE SCHISTEN.

a. Glimmerschisten.

Macroscopisch vertoonen de glimmerschisten weinig variatie. Het zijn donkergrijs gekleurde, dunbladige gesteenten van verschillende hardheid. De laagvlakken van de fijnbladerige variëteiten zijn meestal mooi vlak, van de grofbladerige variëteiten onregelmatig van oppervlak. De laatsten vertoonen dikwijls kleine secundaire plooien, zij zijn volgens de laagvlakken gemakkelijker af te zonderen dan de eerstgenoemden en zijn ook aanmerkelijk zachter. Dunne lensjes van kwarts zijn bij de grofbladerige schisten veelal tusschen de laagvlakken ingeschakeld; zij zijn bij de secundaire plooien eveneens medegeplood.

Bij de meesten der glimmerschisten zijn macroscopisch te herkennen: lichtgekleurde glimmer, evenwijdig aan de laagvlakken georiënteerd, bruine ijzeroxyden en bij de hardere variëteiten ook kwarts. Wanneer er veel kwarts aanwezig is, naderen de schisten tot de kwartsieten.

Het meerendeel der glimmerschisten is gekarakteriseerd door de aanwezigheid van granaten; deze moeten dus als granaatglimmerschisten worden aangemerkt. Deze granaten zijn in het algemeen klein en bereiken nooit grootere afmetingen dan $\pm 4-5$ m.M.; dikwijls zijn zij alleen microscopisch te herkennen. Groote granaten, zooals in de glimmerschisten van de Sierra de los Filabres voorkomen, worden in de schisten van de Sierra Alhamilla niet aangetroffen.

In enkele variëteiten komen tot 5 m.M. lange, lijstvormige, donkergroen gekleurde mineralen voor, welke microscopisch uit chloriet blijken te bestaan.

Bij het microscopisch onderzoek der verschillende gesteente-exemplaren werden de navolgende bestanddeelen aangetroffen:

1. *Kwarts*. In alle onderzochte dunne doorsneden is kwarts rijkelijk aanwezig; hij vormt het belangrijkste bestanddeel van de meeste schisten. In het bijzonder blijken de glimmerschisten, die macroscopisch rijk aan kwarts zijn, ook bij microscopisch onderzoek zeer veel kwarts te bevatten. Bij deze lichtgekleurde kwartsrijke glimmerschisten is de kwarts steeds aanwezig als kleine hoekige stukjes, welke tandvormig in elkaar grijpen en dan wel z.g.n. „Pflaster“-structuren vormen. De kwarts is dan meestal zeer zuiver, hoewel uiterst fijne insluitsels van grafiet bij enkele exemplaren werden waargenomen.

Bij de minder kwartsrijke en in de dunne doorsneden donkerder gekleurde glimmerschisten komt de kwarts tusschen alle andere bestanddeelen als zeer kleine, dikwijls sterk unduleus uitdoovende fragmenten, rijkelijk voor.

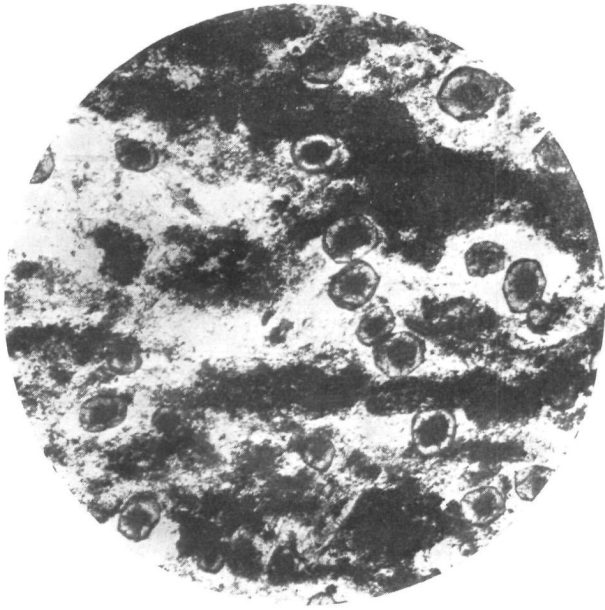
2. *Glimmer*. De glimmer is bijna uitsluitend muscoviet en treedt in zeer wisselende hoeveelheid op; in vele onderzochte exemplaren is hij zeer rijkelijk aanwezig, in sommige bijna geheel ontbrekend. De meestal langgerekte muscovietlamellen zijn nooit groot en in de meeste gevallen alleen met een grootere vergrooting waarneembaar; in enkele dunne doorsneden zijn alleen uiterst kleine glimmerschubjes aanwezig. De muscovietlamellen zijn veelal tusschen kwartsfragmenten ingeklemd.

Biotiet treedt in geringe hoeveelheid in een enkele glimmerschist op als kleine, min of meer in chloriet en ijzeroxyden veranderde lapjes.

3. *Granaat*. In ongeveer alle glimmerschisten worden granaten gevonden, slechts in een enkele komen ze niet voor, o.a. in een lichtgroen gekleurde, zeer harde schist, die rijk is aan kwarts en fijne muscoviet, welke als een rolstuk in de Rambla del Corral ¹⁾ gevonden werd.

De meeste granaten zijn lichtroze gekleurd, kleurlooze komen eveneens voor. Bij de grootere exemplaren is de omtrek steeds onregelmatig en ontbreekt een duidelijke

¹⁾ De Rambla del Corral is een der diepste droge dalen in den zuidvleugel van de Sierra Alhamilla en op een afstand van ongeveer 8 KM. ten westen van Nijar gelegen. Vanaf de cortijo's van Francisco López tot aan de kust draagt het den naam van Rambla del Agua.



Vergr. 30 $\times$. Gewoon licht. Granaten met kernen van grafiet,
donkere grafiet-massa's en kwarts in een granaatglimmerschist
van de Cortijo van Doña Concha.

kristallografische begrenzing. De doorsneden der kleinere granaten zijn daarentegen dikwijls min of meer duidelijk regulair.

Alle granaten zijn sterk gescheurd en gebroken, in het bijzonder de grootere exemplaren. Deze scheuren zijn soms in zulk een groot aantal aanwezig, dat de granaat in een aantal kleine facetten verdeeld is.

Talrijke uiterst fijne donkere insluitsels, naar alle waarschijnlijkheid uit grafiet bestaande, zijn zeer algemeen. Deze zijn in de grootere granaten zonder bepaalde regelmaat verdeeld, daarentegen bij de kleinere exemplaren dikwijls in het centrum opgehoopt (Plaat 3). Van dit centrum gaan dan dikwijls min of meer divergent gegroepeerde scheuren uit.

De grootere granaten zijn meermalen zeer rijk aan ingesloten vreemde bestanddeelen, waarvan kwarts het meest voorkomt en dikwijls in tamelijk groote stukjes werd waargenomen. Bovendien zijn muscoviet, grafiet en kleine ertsfragmenten veelal ingesloten. Soms zijn deze granaten zoo rijk aan ingesloten bestanddeelen, dat een zeefstructuur ontstaat. Een enkele maal zijn de insluitsels tot een groote kern vereenigd, waarom dan een smalle rand van granaat aanwezig is.

De verweering tot lichtrood gekleurd ijzeroxyde (haematiet) en limoniet gaat van de scheuren en den rand uit; soms werd chloriet als verweeringsproduct aangetroffen, doch steeds in geringe hoeveelheid.

Enkele granaten zijn optisch anomaal en vertoonen een zwakke dubbelbreking.

4. *Chloriet*. Chloriet wordt in ongeveer alle glimmerschisten gevonden en komt soms in groote hoeveelheid voor. Hij treedt op als divergentstralige aggregaten van stengelige individuen, als afzonderlijke stengels met een duidelijke splijting of afzondering loodrecht op de lengterichting, en als fijn- en grof-bladerige aggregaten.

De in enkele schisten macroscopisch zichtbare donkergroene bestanddeelen blijken geheel uit een fijnvezelig aggregaat van chloriet te bestaan, die een belangrijke hoeveelheid grafiet, gerangschikt evenwijdig aan de chlorietlamellen, heeft ingesloten.

Bij enkele der grootere chlorietindividuen schijnt van het oorspronkelijke mineraal de splijting bewaard gebleven te zijn; hierbij is het zeer waarschijnlijk, dat de chloriet uit donkere glimmer ontstaan is.

In de reeds vermelde lichtgroene schist uit de Rambla del Corral zijn de zeer fijnbladerige chlorietische aggregaten te zamen met donkere bestanddeelen (grafiet, ijzeroxyden, erts) in dunne lagen gerangschikt.

5. *Ijzeroxyden*. Deze ontbreken in geen enkele glimmerschist, en vormen in een enkel geval de voornaamste bestanddeelen; o.a. van een schist, die ik uit een barranco tusschen Lucainena en Turillas verzamelde, en die behalve deze secundaire oxyden, muscoviet, kwarts en grafiet bevat. Behalve limoniet is haematiet, veelal als kleine roodbruine plaatjes, rijkelijk aanwezig. De oorspronkelijke mineralen, waaruit de ijzeroxyden ontstaan zijn, kunnen zelden met zekerheid worden vastgesteld. In enkele gevallen blijken de oxyden van granaten afkomstig te zijn en schijnen ook door verweering van erts en donkere glimmer te zijn ontstaan.
6. *Grafiet*. In alle glimmerschisten is grafiet in kleinere of grootere hoeveelheid aanwezig, vooral in de donkergekleurde schisten is de relatieve hoeveelheid dikwijls groot (Plaat 3). Hij komt steeds voor als uiterst fijne korrels en blaadjes, veelal tot dichte aggregaten vereenigd, en wordt in alle andere bestanddeelen van de schisten aangetroffen. De metaalachtige glans der kleine blaadjes bij opvallend licht maakt een verwisseling met magnetiet mogelijk; echter is het volkomen ontbreken van kristallen met regulaire begrenzingen een bewijs, dat de substantie uit grafiet bestaat. Er werd reeds op gewezen, dat in het centrum van vele der kleine granaten uiterst fijne grafiet is opgehoopt.
7. *Toermalijn*. Het meerendeel van de glimmerschisten bevat kleine zuiltjes van toermalijn, enkelen in tamelijk belangrijke hoeveelheid. Grafiet is in den regel ingesloten. Het pleochroïsme is zeer sterk en voor de verschillende individuen eenigszins veranderlijk. Wij vonden de volgende kleuren:
 - E kleurloos O donkergroen-blauwgroen.
 - E kleurloos O donkergeel-blauwgeel.
 - E zeer lichtviolet O donkergroen.
 - E zeer lichtgeelgroen O geelgroen.
8. *Stauroliet*. In een granaatglimmerschist, welke op een afstand van ± 3 KM. ten noordoosten van Nijar bij de cortijo van Doña Concha aangetroffen werd, komt in een geringe hoeveelheid stauroliet voor. Deze stauroliet is macroscopisch in het handstuk

niet te herkennen, zooals bij de hieronder vermelde stauroliet-glimmerschisten; het gesteente heeft hetzelfde uiterlijk als de andere glimmerschisten uit de onmiddellijke nabijheid en moet als een echte glimmerschist worden beschouwd. De stauroliet heeft dezelfde optische eigenschappen als die der echte stauroliet-glimmerschisten, zoodat naar de beschrijving daarvan verwezen kan worden. Hier omsluit de stauroliet kleine granaten, kwarts en grafiet.

9. *Epidoot*. In ongeveer alle glimmerschisten zijn bij groote vergrooting kleine korrels en stengels van een geel of geelgroen mineraal waar te nemen, welke door een hooge licht- en dubbelbreking gekenmerkt zijn en naar alle waarschijnlijkheid tot de epidootgroep gerekend moeten worden.
10. *Calciet*. Een enkele maal werd in een glimmerschist calciet gevonden. Deze is steeds secundair en waarschijnlijk door infiltratie van kalk uit de dolomieten en kalken van den trias in de onderliggende schisten aangevoerd.

In de Rambla del Corral, op een afstand van ongeveer $1\frac{1}{2}$ KM. ten noorden van de cortijo's van Francisco López, werd een granaatglimmerschist gevonden, die van de algemeen voorkomende, hierboven beschreven glimmerschisten, vrij belangrijk afwijkt en afzonderlijk besproken zal worden.

Deze glimmerschist is lichtgroen van kleur, zacht, dungelaagd en macroscopisch zeer rijk aan muscoviet, terwijl 2—3 m.M. groote granaten aanwezig zijn.

Bij het microscopisch onderzoek werden aangetroffen:

Granaat. Deze treedt op als groote porphyroblasten van onregelmatigen vorm, die roze gekleurd en zoodanig met scheuren doorsneden zijn, dat zij in talrijke kleine stukken verdeeld schijnen. Kwarts en erts (magnetiet) zijn steeds als ingesloten bestanddeelen aanwezig.

Sericietische en chlorietische producten komen op de scheuren voor, benevens magnetiet, die ten deele in haematiet veranderd is.

Kwarts. Dit is het voornaamste bestanddeel en vormt talrijke, tandvormig in elkaar grijpende, fragmenten. Ingesloten zijn epidoot, erts, toermalijn en groengekleurde bestanddeelen, die waarschijnlijk gedeeltelijk in chloriet omgezette biotiet zijn. Tusschen de kwartsfragmenten wordt een enkele maal een stukje van een veldspaat aangetroffen, kenbaar aan de splijtlijnen en waarschijnlijk tot de

orthoklaas behoorend. De kwarts is gekenmerkt door een sterke unduleuze uitdooving.

Muscoviet. Deze is rijkelijk aanwezig als vrij groote lappen, die insluitsels van epidoot en erts bevatten. Parallele vergroeiingen met een groen gekleurd mineraal, dat ook in de kwarts werd aangetroffen en in het gesteente ook verder veel voorkomt, zijn algemeen. Deze groene lamellen vertoonen een sterk pleochroïsme van licht geelgroen tot groen en zijn, zooals reeds werd opgemerkt, waarschijnlijk min of meer in chlorietische substantie veranderde biotiet.

Mineralen van de *epidootgroep* zijn in belangrijke hoeveelheid aanwezig, het meest als stengelige of kort-prismatische individuen, ook als aggregaten van kleine korrels. Het optisch karakter van de stengels is steeds negatief, het pleochroïsme meestal nauwelijks waarneembaar: kleurloos volgens *a* en zeer licht groengeel volgens *b* (c. q. c). De stengels vertoonen veelal een splijting of afzondering loodrecht op de lengterichting en hebben steeds erts en soms de reeds vermelde groene bestanddeelen ingesloten.

Toermalijn. Deze wordt veel aangetroffen, steeds als prismatische individuen, die dikwijls onregelmatige scheuren $\perp$ de lengterichting bezitten. Het pleochroïsme is steeds: E lichtviolet, O donkergroen tot donkergroen-blauw. Ertbestanddeelen zijn soms ingesloten.

Ert is rijkelijk aanwezig. De metallische glans bij opvallend licht en de talrijke doorsneden, welke terug te brengen zijn tot die van den octaeder, zijn voldoende aanwijzingen om tot de determinatie van magnetiet te mogen besluiten. Langs de randen zijn de ertsfragmenten veelal donkergroen doorschijnend.

Apatiet wordt als kleurloze korrels, zonder kristallografische begrenzing, meestal ingesloten in de kwarts, niet zeldzaam aangetroffen.

b. Toermalijnschisten.

Hiervan werden enkele rolstukken gevonden op dezelfde plaats als de bovengenoemde glimmerschist. Het gesteente is hard en heeft een gneisachtig uiterlijk doordat veldspaatindividueven evenwijdig met de gelaagdheid gerangschikt zijn. Macroscopisch zijn bovendien nog lichtgekleurde glimmer en donkere toermalijn te herkennen.

Microscopisch bestaat het gesteente uit:

Veldspaat. Deze is zeer veel aanwezig, vooral als grootere individuen in de, uit kleine kwarts en veldspaatfragmenten bestaande lichtge-

kleurde hoofdmassa van het gesteente. Hij is steeds zeer frisch van uiterlijk; polysynthetische tweelingen volgens de albietwet zijn algemeen; de uitdoovingshoeken wijzen op vrij zure plagioklazen, waarmede ook de brekingsindex, die soms hooger, soms lager dan die van den canadabalsem werd waargenomen, in overeenstemming is. Deze veldspaten zijn evenmin als de kleine fragmenten der hoofdmassa, die ten deele misschien uit orthoklaas bestaan, door kristallografische vlakken begrensd.

Toermalijn wordt als vrij groote individuen aangetroffen, welke dezelfde eigenschappen bezitten als de toermalijn uit het hiervoor beschreven gesteente.

Bovendien komen in het gesteente voor:

Muscoviet als tamelijk groote lappen, *biotiet* als vele kleine donkere lapjes, en *apatiet* als kleurlooze individuen zonder kristallografische begrenzingen en vrij van insluitsels.

c. Staurolietglimmerschisten.

Deze werden verzameld als rolstukken in de Rambla del Corral op dezelfde plaats als de hierboven beschreven gesteenten; tevens vond ik een rolstuk van een staurolietglimmerschist in de diepe barranco ten westen van den Cerro de la Mina, welke echter van de eerstgenoemde eenigszins afwijkt en derhalve afzonderlijk besproken zal worden.

1. Rolstukken uit de Rambla del Corral.

Deze zijn fijnbladerig, donker gekleurd en vrij hard; zij bevatten talrijke, tot $1\frac{1}{2}$ c.M. lange, gerekte, zeer donkere staurolieten, benevens zeer vele kleine granaten.

Stauroliet. De stauroliet is aanwezig als groote individuen, waaraan niet de minste kristallografische begrenzing valt waar te nemen. Zij zijn in den regel met eene groote hoeveelheid van uiterst kleine grafietkorrels doorspikkeld, welke veelal in min of meer parallele en dicht bij elkaar gelegen banen den stauroliet doorsnijden, doch soms een aaneengesloten donkere massa vormen, zoodat van den stauroliet slechts enkele kleine fragmenten waarneembaar zijn. Deze fragmenten dooven gelijktijdig uit en behooren dus tot één individu. Waar van den stauroliet grootere gedeelten zonder insluitsels werden waargenomen, bleken tweelingvormen en spltijlijnen te ontbreken. Het pleochroïsme is zeer duidelijk: lichtgeelgroen (soms

bijna kleurloos) tot geel (c. q. bruinachtig geel). Behalve grafiet zijn granaten in belangrijke hoeveelheid ingesloten; zij zijn klein en onregelmatig begrensd en bezitten in den regel een donkere kern van grafiet. Soms zijn zij meer of minder in bruine en gele ijzeroxyden veranderd, doch zijn in het algemeen veel frisscher dan de granaten, die in de rest van het gesteente buiten den stauroliet voorkomen. Chloriet is steeds rijkelijk aanwezig op scheuren in de ingesloten grafietmassa's en in de nabijheid der ingesloten granaten; het is mogelijk, dat hij zoowel een verweeringsproduct is van den stauroliet als van de granaten. Enkele individuen van stauroliet hebben zeer weinig grafiet, doch vele granaten ingesloten.

Granaat. Granaten worden, behalve als insluitsels van den stauroliet, in de geheele doorsnede rijkelijk aangetroffen. Zij zijn dan steeds min of meer in ijzeroxyden veranderd, welke verandering om de steeds aanwezige kernen van grafiet begonnen schijnt te zijn. Om deze kernen zijn de ijzeroxyden, meermalen begeleid door glimmerachtige bestanddeelen, in zones van zeer verschillende dikte aanwezig en laten van de granaten een onveranderden rand over, die verschillend in breedte is en dikwijls geheel is verdwenen. Een enkele maal schijnen ook chlorietische verweeringsproducten gevormd te zijn. Wanneer de granaten in de grafietmassa's optreden, zijn zij veelal door een smallen, grafietvrijen, uit kwarts en muscoviet samengestelden rand, omgeven.

Glimmer is als muscoviet veel aanwezig, waarbij grafiet veelal evenwijdig aan de splijtlijnen gerangschikt is.

Kwarts komt overal voor als opvulling van alle ruimten.

Chloriet. Groote divergentstralige en parallel georiënteerde bundels zijn algemeen, zij komen geheel overeen met de op pag. 29 beschreven chlorietaggregaten der glimmerschisten.

Grafiet is overvloedig voorhanden.

2. Rolstuk uit de barranco ten westen van den Cerro de la Mina.

Macroscopisch verschilt dit gesteente van het hierboven vermelde, doordat de staurolieten er door hunne geringere grootte en minder uitgesproken vorm lastiger te herkennen zijn. Zij bezitten dezelfde optische eigenschappen als de hierboven beschreven stauroliet en zijn eveneens rijk aan ingesloten grafiet, waarvan de bundels soms om de ingesloten granaten zijn heengebogen. Bovendien zijn ook talrijke kwartsfragmenten ingesloten. Aan den rand der groote staurolietindividuen gaat de stauroliet, die tusschen de evenwijdige

vezels van grafiet gelegen is, in eene chlorietische substantie over. Het is wel bijna zeker, dat hierbij de chloriet uit den stauroliet ontstaan is. De overige bestanddeelen zijn dezelfde als die van de hierboven ad. 1 beschreven staurolietglimmerschisten, waarnaar derhalve verwezen wordt.

2. TRIAS.

a. Gesteenten van de onderste en bovenste afdeeling.

Daar de gesteenten van deze afdeelingen veel overkomt vertoonen en eene afzonderlijke behandeling volgens de beide afdeelingen niet wel mogelijk is, zonder in herhalingen te vervallen, zullen zij gezamenlijk worden besproken. Het zijn phyllietische, leiachtige, schisteuze en kwartsietische gesteenten, waaronder macroscopisch o.a. te onderscheiden zijn:

1. Violette, phyllietisch glanzende, dunbladige leien van verschillende hardheid, de zgn. blauwe leien. Zij zijn steeds kalkhoudend; evenwijdig met de gelaagdheid ingeschakelde kwartslensjes en -laagjes zijn zeer algemeen.
Zij komen voor in beide afdeelingen.
2. Blauwe, harde, zijdeglanzende phyllieten. Dungelaagd. In beide afdeelingen.
3. Kwartsrijke chlorietschisten. Zij zijn dungelaagd en zeer fijnkorrelig, hard, groen van kleur en vertoonen een zijdeachtigen glans op de laagvlakken tengevolge van talrijke evenwijdige georiënteerde glimmerschubjes. Kalkhoudend.
In beide afdeelingen.
4. Zijdeglanzende, zachte sericietschisten. Lichtroze gekleurd. De glimmerblaadjes zijn evenwijdig aan de laagvlakken gerangschikt. Tusschen de laagvlakken zijn dunne laagjes en lensjes van donker erts aanwezig.
5. Roodgekleurde, kwartsietische, fijn- tot middelmatigkorrelige zandsteenen, zonder duidelijke gelaagdheid. Kalkspaatgangetjes zijn veel aanwezig.
In beide afdeelingen.
6. Stengelige, zachte, kalkhoudende, roode leien met zijdeachtigen glans.
In beide afdeelingen.
7. Kwartshoudende glimmerlei. Dit is een tusschenvorm van 1 en 5
In beide afdeelingen.

8. Kwartsieten. Lichtgrijs en lichtroze van kleur. Soms een weinig glimmerhoudend. Zij komen in hoofdzaak in de onderste afdeeling voor.
9. Gips. Deze werd alleen in de onderste afdeeling gevonden en komt daar in hoofdzaak in de ad. 1 vermelde gesteenten voor. In de bovenste afdeeling werd nooit gips gevonden.
10. Kwartsgangen komen veelvuldig in deze afdeeling voor.

Microscopisch werden van deze gesteenten de ad. 1, 3, 4, 5, en 8 genoemde onderzocht.

1. Phyllietische blauwe leien.

Uiterst fijnkorrelige gesteenten, waarin veel magnetiet, weinig in haematiet veranderd, als kleine korrels voorkomt. De magnetietkorrels zijn zelden regulair begrensd en aan de randen iets groen doorschijnend. Als kleine individuen zijn verder veel aanwezig kwarts, sericiet en chloriet. Korrels van epidoot zijn algemeen: toermalijn werd een enkele maal gevonden.

3. Chlorigeschisten.

Het gesteente is zeer fijnkorrelig en bestaat uit talloze dunne laagjes. Kwarts is het belangrijkste bestanddeel. In de richting van de gelaagdheid zijn vele lijstvormige, uit chloriet bestaande, individuen gerangschikt, welke eene afzondering $\perp$ de lengterichting bezitten. Het pleochroïsme van den chloriet is lichtgroen (c. q. lichtgeel) tot blauwgroen. Hij komt bovendien als onregelmatig begrensde plaatjes veel voor. Sericiet is zeer algemeen en in sommige dezer schisten een der voornaamste bestanddeelen. Kwarts, als kleine fragmenten, is steeds het belangrijkste bestanddeel. Van ondergeschikt belang zijn magnetiet, haematiet, apatiet, toermalijn en zirkoon.

4. Zijdeglanzende sericietschisten.

Hiervan werden enkele exemplaren onderzocht, afkomstig van de onderste afdeeling uit de nabijheid van Huebro.

Twee typen zijn te onderscheiden:

Type 1.

Het gesteente is zeer fijngelaagd. De laagvlakken zijn regelmatig gegolfd; volgens de golven is de chloriet gerangschikt, terwijl de ruimten tusschen de golven met kwarts zijn gevuld. Fijne sericiet is zeer veel aanwezig. Limoniet is in fijnkorrelige, lensvormige, aggregaten evenwijdig aan de laagvlakken gerangschikt en komt als verspreide korrels in het

geheele gesteente voor. Haematiet is spaarzaam aanwezig. Type 2.

Dit gesteente onderscheidt zich van het voorgaande door de aanwezigheid van zeer veel magnetiet. De korrels hiervan zijn meestal zonder reguliere begrenzing, doch ook fraaie octaëderdoorsneden komen voor. De haematiet is steeds min of meer in limoniet en haematiet omgezet; de haematiet komt in het geheele gesteente als kleine ronde plaatjes veelvuldig voor. Kwarts is rijkelijk aanwezig, evenals sericiet, die veelal om den kwarts gegroepeerd is. Zeer kleine microlieten van epidoot ($\pm 1/40$ m.M.) zijn ondergeschikt aanwezig; evenals zirkoon, titaniet en toermalijn.

5. Kwartsietische zandsteen.

Het gesteente is grofkorreliger dan de reeds vermelde gesteenten en bevat veel hoekige stukken kwarts, zeer veel fijne glimmerblaadjes, schubjes van haematiet, en limoniet. De magnetiet, waaruit deze oxyden ontstaan zijn, is nog in geringe hoeveelheid onveranderd aanwezig. Toermalijn is zeldzaam. Calciet, als infiltratieproduct van een kalkspaatgangetje, komt rijkelijk voor. Van dit gesteente worden ook fijnkorreligere variëteiten, welke een uitgesproken gelaagdheid bezitten en magneteit in grootere hoeveelheid bevatten, aangetroffen.

8. Kwartsieten.

De kwarts toont de bekende zgn. „Pflaster“-structuur. Langs de randen van de meeste kwartsfragmenten zijn uiterst fijne muscovietblaadjes gerangschikt, die soms om den kwarts zijn heengebogen. Secundaire calciet is algemeen; erts en limoniet zijn zeldzaam; eveneens toermalijn, dat pleochroïsme van lichtgroen tot donkergroen vertoont.

b. Dolomieten en kalken van de middelste afdeeling.

Uit deze afdeeling zijn de volgende gesteenten te onderscheiden:

1. Zachte, fijnkorrelige, eenigszins mergelige, gele kalken.

Deze komen op enkele plaatsen (pag. 14) aan de basis van deze afdeeling voor en zijn dan gelegen op de gesteenten van de onderste afdeeling. Macroscopisch zijn zij zeer fijnkorrelig en bevatten geene versteeningen. Microscopisch komt deze fijnkorreligheid nog beter tot uitdrukking; het gesteente bestaat ongeveer geheel uit calciet; kwarts komt er weinig in voor.

Enkele grootedoorsneden van globigerinen werden waargenomen. Een enkel kalkspaatadertje doorsnijdt den fijnkorreligen kalk.

2. Donkere dolomieten.

Deze vormen het belangrijkste gesteente van deze afdeeling. Zij zijn donkergrijsblauw, soms bijna zwart van kleur en steeds doorsneden met talrijke kalkspaatadertjes. In de meeste gevallen is van een gelaagdheid weinig te bespeuren; soms is zij echter duidelijk waarneembaar. Het gesteente is zeer compact en fijn kristallijn; kleine holten werden een enkele maal waargenomen. Zeer sterk bitumineus. Bij verweering ontstaan bruine tinten.

Microscopisch is het een zeer zuiver gesteente van dolomiet, dat slechts weinig met haematiet en limoniet verontreinigd is.

3. Dungelaagde, gele en donkergrijze kalksteen.

Fijnkorrelige gesteenten met een dikwijls fraaie gelaagdheid. Stengelige kalken, welke bij een slag met den hamer in vele lange stengels uiteenvallen, werden een enkele maal gevonden.

4. Geelgekleurde, gelaagde kalksteen.

Zij gelijken veel op de vorige, doch bezitten een veel minder duidelijk uitgesproken gelaagdheid. Kwartsfragmenten komen een enkele maal erin voor.

5. Gips.

Gips wordt alleen in de donkere dolomieten gevonden

Macroscopisch is hij meestal eenigszins onzuiver. Microscopisch is het een korrelig aggregaat van gipsindividuen, welke veelal tweelinglamellen bezitten. Sneden ongeveer // 010 hebben eenige gelijkenis met kwarts; nabij den uitdoovingsstand is echter dikwijls eene zwakke aanduiding van een splijting waar te nemen. In deze gipsindividuen zijn uiterst fijne donkere bestanddeelen (grafiet?) ingesloten. Overigens komen slechts enkele stukjes dolomiet, door grafiet (?) donker gekleurd, als verontreinigingen voor.

3. TERTIAIR.

Ouder-Tertiair.

Bij de bespreking der stratigrafie zijn de verschillende gesteenten van het ouder-tertiair in het kort behandeld, zoodat thans

volstaan kan worden met de vermelding der resultaten van het microscopisch onderzoek.

a. Donkergrijs gekleurd, fijn conglomeratisch gesteente.

O. h. m. een klastisch, tamelijk fijnkorrelig gesteente, waarvan de samenstellende bestanddeelen weinig afgeronde, meestal scherp-begrensde, hoekige omtrekken bezitten. Soms werd gevonden een hoekig stukje van kalkzandsteen: fijne kwarts met kalkcement. Calciet (c.q. dolomiet) is zeer algemeen, kwarts komt minder voor. Grootere stukken van blauwe lei zijn algemeen. Slierachtige kalkfragmenten met fijne facetten-structuur zijn waarschijnlijk doorsneden van *Lithothamnium*. Sporadisch komen doorsneden voor van *Nummulinidae*, echter werden steeds dwarsdoorsneden gevonden en geene horizontale doorsneden, zoodat de species niet te bepalen zijn. Fig. 2 (Plaat 2) stelt een dergelijke doorsnede van een kleine nummuliet voor (25 × vergroot). Globigerinen komen in dit gesteente niet voor.

b. Donkergrijze, fijnkorrelige, zandige schalies.

Deze schalies bevatten veel glimmer en calciet. O. h. m. zijn zij zeer fijnkorrelig en in hoofdzaak uit kleine, hoekige stukjes kwarts samengesteld. Bovendien bevatten zij veel glimmer (muscoviet) en wat kalkspaat, veel bruin ijzeroxyde en waarschijnlijk kaolien. Globigerinen zijn vrij algemeen (*Globigerina spec.*); zij komen meestal in de donkere, ijzeroxyde-bevattende gedeelten van het plaatje voor. Bij enkele dunne doorsneden blijkt kalkspaat het cement te zijn, dat de kwartsstukjes verbindt.

Idem, geelgekleurd, dungelaagd.

O. h. m. zijn zij zeer fijnkorrelig, zoodat bij de sterkste vergrooting sommige gedeelten niet te onderzoeken zijn. Dezelfde bestanddeelen zijn aanwezig als bij het vorige gesteente; de allerfijnste fragmenten bevatten waarschijnlijk veel sericiet en kaolien (?). Donker- en lichtgekleurde gedeelten wisselen elkaar af, de laatste zijn rijk aan kwarts, de eerste bezitten meer ijzeroxyde en kaolien (?). Globigerinen, welke zeer groot kunnen zijn, komen meestal in de donkere gedeelten voor; steeds als doorsneden en zelden als een stukje van het oppervlak met poriën. Bovendien gevonden: *Amphistegina* ($\pm \frac{3}{4}$ m.M. groot) in een kwartsrijk gedeelte.

c. Lichtgekleurde, min of meer fijnkorrelige, vrij harde kalksteenen.

Macroscopisch gelijken de meeste gesteenten van deze serie veel op elkaar; doch komen enkele, van de algemeene habitus afwijkende, soorten voor: o. a. zeer fijnkorrelige, mergelige, zachte kalksteenen en donkergrijze glimmerhoudende kalkzandsteenen. O. h. m. zijn de harde kalksteenen weinig verschillend. Zij bestaan ongeveer geheel uit kalk, kwarts komt als enkele kleine stukjes voor. Doorsneden van *Lithothamnium* zijn zeer algemeen, enkele onduidelijke doorsneden van *Nummulinidae*, *Rotalia* e. a. werden opgemerkt, eveneens resten van echinodermen.

d. Geel- en grijsgekleurde mergelige gesteenten, zandsteenen, grovere en fijnere conglomeraten.

O. h. m. bestaan de zeer fijnkorrelige mergelige gesteenten geheel uit kalk, in de bruin gekleurde gedeelten van de dunne doorsneden is misschien ook wat kaolien aanwezig. Globigerinen zijn algemeen en de eenige voorkomende organismen. Kwarts en glimmer zijn zeldzaam.

Pliocene.

Bij de behandeling van de stratigrafie werd een overzicht gegeven van de plioceene gesteenten. Microscopisch werden hiervan alleen de kalken van den Hoyazo onderzocht. Het zijn fijnkorrelige kalken met zeer vele doorsneden van *Lithothamnium*.

B. VOORKOMEN EN BESCHRIJVING DER ERUPTIVA.

1. LIGGING EN VOORKOMEN.

a. Inleiding.

Op een afstand van ongeveer 3 KM. ten oosten van Nijar en weinig meer dan $\frac{1}{2}$ KM. ten zuiden van de eigenlijke Sierra Alhamilla ligt een merkwaardige heuvel, die algemeen als „El Hoyazo” aangeduid wordt. Zijn uiterlijke vorm en de aanwezigheid van vreemde bestanddeelen in den andesiet, waaruit hij grooten-



Fig. 1.

Depressie in het zuidwestelijke gedeelte van den rand van den Hoyazo.

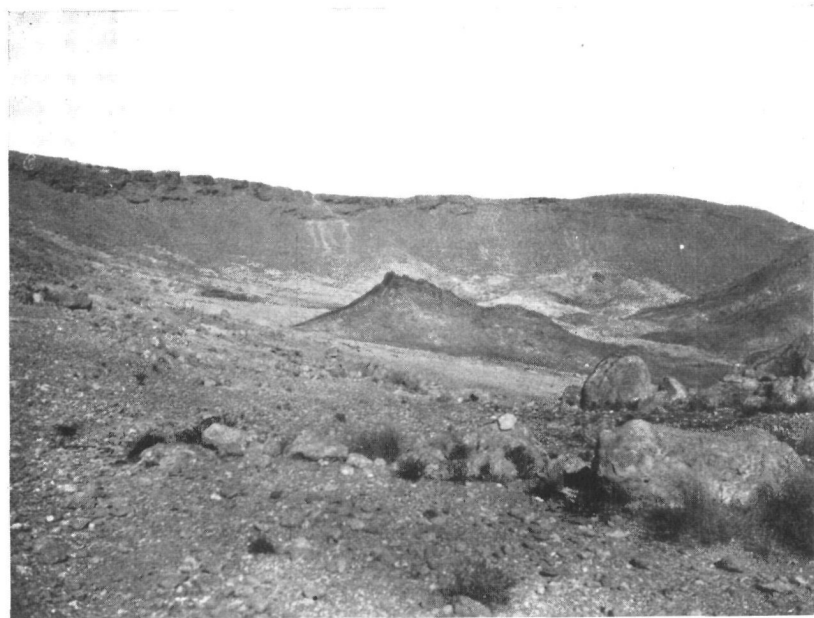


Fig. 2.

De kratervormige kom van den Hoyazo; in het midden een kopje van andesiet, en rechts daarvan een gedeelte van een tweede, grooter kopje.

deels is opgebouwd, trokken reeds lang geleden de aandacht. De eerste beschrijving is van Pellico en Maestre en dateert van het jaar 1841 ¹⁾, latere beschrijvingen treffen wij aan van Ezquerra del Bayo ²⁾, Donayre ³⁾, Calderon y Arana ⁴⁾, en Osann ⁵⁾, waarvan die van Osann de meeste aandacht verdient. Wij zullen gelegenheid hebben in het navolgende meerdere malen deze onderzoeken te vermelden en te bespreken.

Ongeveer 2 KM. ten oosten van den „Hoyazo” vond ik aan het voetpad, dat naar het gehucht Los Tristanes leidt, een tweede andesietlichaam, waarvan de grootte ongeveer met die van den „Hoyazo” overeenkomt. Door geen der genoemde onderzoekers wordt melding van dit voorkomen gemaakt en evenmin kan men het op één der kaarten van de „Comisión del Mapa geológico” aangeduid vinden. Daar ik slechts een enkele maal dit lichaam bezocht, ben ik niet in staat er een uitvoerige gedetailleerde beschrijving van te geven; overigens geeft de geologische positie, welke weinig interessants biedt, geene aanleiding hiertoe.

Daar het te verwachten was, dat ook op andere plaatsen aan den zuidrand van de Sierra Alhamilla eruptiva gevonden zouden kunnen worden, werd het geheele terrein ten zuiden van de Sierra tusschen de Baños en Polopos over een breedte van ongeveer 1 KM. onderzocht; echter kon op geen andere plaats de aanwezigheid van eruptiva geconstateerd worden. Met eenigen grond van zekerheid mag dus worden aangenomen, dat aan den zuidrand van de Sierra Alhamilla op slechts twee plaatsen eruptiva aan den dag komen.

b. De „Hoyazo”.

Op een afstand van ongeveer 800 M. ten oosten van Nijar liggen aan den zuidrand van de triasbergen der eigenlijke Sierra Alhamilla een reeks plioceene heuvels, die zich van noord naar zuid over een afstand van ongeveer 1250 M. uitstrekken en in het noordwesten een hoogte van 450 M. bereiken. Van Nijar uit heeft men een fraai gezicht op deze heuvels, welke naar het zuiden

1) R. Pellico y A. Maestre. 38.

2) J. Ezquerra del Bayo. 13.

3) F. M. Donayre. 10. pag. 403, 412.

4) S. Calderon y Arana. 9. pag. 334—336, 339, 351, 352.

5) A. Osann. 35. pag. 694 ev.

in hoogte afnemen en waarin de zuidelijke helling van de plioceene sedimenten duidelijk te constateeren is. Naar het zuiden grenzen deze heuvels met een scherp gemarkeerde lijn aan de vlakte, de Campo de Nijar, welke aan den voet van de heuvels ongeveer 200 M. hoog ligt en met een zwakke helling naar de golf van Almeria afdaalt. De overgang tusschen de vlakte en de heuvels is tamelijk scherp; als een 100—150 M. hooge rug verheffen de heuvels zich boven de vlakte. Een dergelijke overgang werd aan den zuidrand elders niet opgemerkt en schijnt alleen ten oosten van Nijar voor te komen.

De „Hoyazo” is nu één dezer, aan de vlakte grenzende heuvels; zijn ligging is op kaart 2 aangegeven. Wanneer men deze heuvels uit het zuiden of zuidoosten beschouwt, onderscheidt de Hoyazo zich in geen enkel opzicht van de andere; uit het zuidwesten gezien valt hij dadelijk door zijn merkwaardigen vorm op. (fig. 1 Plaat 4). De zeer typische depressie, welke op deze figuur duidelijk te zien is, geeft aan den berg het uiterlijk van een krater. Deze indruk wordt nog versterkt, wanneer wij den berg beklimmen en van het laagste punt van deze depressie den blik naar het noorden richten (fig. 2, Plaat 4). Wij zien dan een groote komvormige depressie, waar in het midden een paar kopjes uitsteken, voor ons. Aan deze kom, die door de vroegere Spaansche onderzoekers algemeen als een typische krater beschouwd werd ¹⁾, ontleent de Hoyazo zijn naam. ²⁾ Zij wordt, behoudens het bovenste gedeelte van den rand, geheel door andesiet ingenomen. Deze bovenrand, welke op (fig. 2, Plaat 4) duidelijk te herkennen is, bestaat evenals de geheele buitenzijde van den Hoyazo uit een harden, lichtgekleurden, plioceenen kalksteen. Deze kalksteen bevat op sommige plaatsen talrijke, slecht bewaarde en niet te determineeren steenkernen van lamelli-branchiaten en blijkt bij microscopisch onderzoek zeer rijk te zijn aan doorsneden van *Lithothamnium*. (zie pag. 40).

Aan de binnenzijde van den Hoyazo is de rand steil en op vele plaatsen zelfs verticaal, zijn dikte is voor verschillende plaatsen wisselend en varieert ongeveer van 5 tot 20 M. Hij rust over den geheelen omtrek op den andesiet, die een veel zwakkere helling naar het midden van de kom bezit. De kom wordt, behoudens enkele onderbrekingen, volgens een onregelmatig cirkelvormige

¹⁾ Zie o.a. J. Ezquerro del Bayo. 13. en S. Calderon y Arana. 9. pag. 339.

²⁾ Het woord hoyazo is een vergrootende vorm voor hoyo of hoyo (groeve).



De Rambla de la Granatilla, in oostelijke richting gefotografeerd. Rechts op den achtergrond de Campo de Nijar, aan den horizon de noordoostelijke uitloopers van de Sierra de Gata.

lijn, door dezen rand geheel omsloten. De hoogte van den rand varieert van 290 M. tot 326 M. en ligt ongeveer 60 M. boven het laagste punt van de bovengenoemde depressie in den rand en ongeveer 100 M. boven de vlakte. De grootste diameter van de kom bedraagt ± 700 M. ¹⁾.

Behalve door de reeds vermelde depressie is de rand op enkele andere plaatsen onderbroken; in het noordoostelijk gedeelte is een dergelijke, wat minder diepe, inzinking en in het oostelijk gedeelte een veel kleinere. Daarentegen is de zuidrand door een diepe en smalle kloof, de zgn. Rambla de la Granatilla, doorsneden. Door deze kloof is de komvormige verdieping verbonden met de vlakte en hierlangs moet het fijne blauwgrijze andesietgruis uit den Hoyazo getransporteerd zijn geworden naar de vlakte, waar het thans in een groote hoeveelheid en over een grooten afstand verspreid direct ten zuiden van de rambla op het plioceen is gelegen. In dit gruis worden zeer veel granaten gevonden; zij zijn afkomstig van den andesiet, waarin zij, als ingesloten bestanddeelen, rijkelijk aanwezig zijn. In vroegere tijden werden uit het gruis de granaten gewonnen en de talrijke hollen en gaten, die er nu nog in gevonden worden, zijn de overblijfselen van deze stopgezette ontginning.

Ter weerszijden van de Rambla de la Granatilla helt het plioceen ongeveer 25° naar het zuiden, zoodat het beklimmen van den Hoyazo langs dezen, gladden, ongeveer 100 M. hoogen, zuidrand niet zonder inspanning geschiedt. Fraai is deze helling en de ligging van de betrekkelijk dunne plioceene kalk op den andesiet in de Rambla de la Granatilla waar te nemen. Op Plaat 5 is de oostzijde van de rambla weergegeven; duidelijk is hierop de dunne, naar het zuiden hellende plioceene bedekking met hare scherpe vormen te onderscheiden van den onderliggenden andesiet, waarvan de erosievormen veel zachter zijn. Aan de westzijde van de rambla is de kalksteen plaatselijk gereduceerd tot enkele meters dikte.

Op de andere plaatsen aan den omtrek van den Hoyazo zijn de strekkingen en hellingen van het plioceen nergens met zekerheid vast te stellen, daar van de gelaagdheid weinig of niets te zien is. Het is waarschijnlijk, dat het aan het westelijk en oostelijk gedeelte van den rand vrijwel horizontaal ligt; omtrent de ligging aan

¹⁾ Deze afstand werd vastgesteld na het in kaart brengen van den rand (opgemeten met azimuthen en afstanden) en komt volkomen overeen met eene bepaling van dezen afstand door middel van een kleinen handafstandmeter. Pellico en Maestre geven voor dezen afstand 250 varas op (210 M.), Osann 300 M.

den noordrand kon niets met zekerheid worden vastgesteld; het schijnt alsof het daar horizontaal is, hoewel de mogelijkheid niet is uitgesloten, dat het tertiair daar naar het noorden helt; ik trof een, onduidelijk waar te nemen, helling van $\pm 35^{\circ}$ N. op één plaats aan. Wat de hellingen van het plioceen van de omgeving van den Hoyazo betreft, zij het volgende opgemerkt:

Vanaf het westelijke randgedeelte strekt zich het plioceen naar het westen over een afstand van enkele honderden meters als een plateau uit, totdat het door een barranco gesneden wordt. In deze barranco vinden wij geen andesiet meer, de plioceene kalken vertoonen daar een helling van $\pm 20^{\circ}$ Z.; dergelijke hellingen treffen wij ook aan, wanneer wij deze barranco in noordelijke richting volgen (zie kaart 2). In de, ten westen van deze barranco gelegen, plioceene heuvels werden hellingen opgemeten varieerende van 10° tot 16° Z.

Er zij hier op gewezen, dat in geen der diepe barranco's uit de omgeving van den Hoyazo andesiet werd aangetroffen.

c. Het andesietlichaam ten oosten van den Hoyazo.

Dit voorkomen bezit, wat den uiterlijken vorm betreft, zeer weinig overeenkomst met dat van den Hoyazo. Het is aan de zuidzijde van de plioceene heuvels in de vlakte gelegen en wordt niet door kalken bedekt, zooals dit bij den Hoyazo het geval is. Het is waarschijnlijk, dat een dergelijke bedekking wel aanwezig geweest is, doch door de erosie werd weggenomen. Deze maakte het ongeveer gelijk met de vlakte, behoudens een enkel kopje, dat ongeveer 20 M. boven de omgeving uitsteekt. Op de laagste plekken wordt de andesiet bedekt door een los recent conglomeraat, dat in hoofdzaak uit min of meer platte stukken van glimmerschisten is samengesteld en dat óók aan de zuidzijde van den andesiet over een groote uitgestrektheid gevonden wordt. De grootte van het andesietlichaam is ongeveer gelijk aan dat van den Hoyazo; de andesiet is macroscopisch dezelfde, doch sterker verweerd. Insluitsels werden er in veel geringere hoeveelheid en verscheidenheid in aangetroffen; ik vond enkele kleine granaten en donkere fragmenten van een gneis ingesloten.

Voordat overgegaan wordt tot de bespreking van de genese en de geologische positie der eruptiva, zal eene beschrijving der diverse gesteenten gegeven worden.

2. BESCHRIJVING DER ERUPTIVA.

a. De Hoyazo.

De andesiet van den Hoyazo en de insluitsels daarvan zijn door Osann reeds uitvoerig beschreven ¹⁾, zoodat ik mij in hoofdzaak zal beperken tot de vermelding van die feiten, welke door hem niet worden genoemd. Het is echter voor de volledigheid noodzakelijk meerdere malen door Osann vermelde gegevens in te lasschen, waarbij zooveel mogelijk getracht is dit steeds aan te geven. Aan de hand van talrijke dunne doorsneden bestudeerde ik zoowel den andesiet als zijne vele ingesloten bestanddeelen.

Andesiet.

De andesiet van den Hoyazo is een cordiëriethoudende glimmer-andesiet. Het gesteente is verweerd en alle door mij verzamelde handstukken zijn van dezen verweerden andesiet afkomstig. De kleur van het versche breukvlak is donkergrijs, doch nooit bijna zwart, zooals Osann aangeeft ²⁾; bij sterkere verweering is de kleur lichter.

Macroscopisch zijn, behalve phenokristen van donkeren glimmer, enkele vreemde bestanddeelen te herkennen, o.a.: wijnrood gekleurde granaten; deze bezitten zelden eene regulaire begrenzing; de ribben zijn meestal sterk afgerond door aansmelting, terwijl scheuren steeds voorkomen; grootere exemplaren dan ± 5 m.M. vond ik zelden in den andesiet ingesloten.

Lichtgeel tot melkweit gekleurde kwarts is rijkelijk aanwezig als 3—5 m.M. groote, meestal afgeronde en gescheurde fragmenten. Tot enkele c.M. groote, zeer donkere insluitsels, uit biotiet en witte bestanddeelen samengesteld, zijn eveneens zeer talrijk.

Behalve deze kleine insluitsels worden er ook van veel grootere afmetingen in den andesiet aangetroffen. Al deze vreemde bestanddeelen zullen afzonderlijk van den andesiet besproken worden.

Microscopisch werd het gesteente uitvoerig door Osann beschreven ³⁾. De bestudeering van de dunne doorsneden geeft aanleiding tot de volgende opmerkingen:

Het gesteente is duidelijk porphyrisch en de grondmassa is

¹⁾ A. Osann. 35. pag. 698—705.

²⁾ ibid. pag. 698.

³⁾ ibid. pag. 698—702.

zeer glasrijk, hetgeen een hoog gehalte aan kiezelzuur doet vermoeden ¹⁾, bij + nicols blijft het grootste gedeelte van de grondmassa donker. Als phenokristen treden op:

Biotiet. Deze komt in tamelijk groote hoeveelheid voor en is meermalen als groote individuen aanwezig. Hij is veelal goed idiomorf met duidelijke splijtlijnen, terwijl min of meer duidelijke hexagonale basissneden eveneens voorkomen. Algemeen zijn blaadjes en aggregaten van onregelmatigen vorm en zonder splijtlijnen, de randen hiervan vertoonen soms een sterkere dubbelbreking dan de rest. De biotiet is in het algemeen regelmatig verspreid, doch soms zijn meerdere individuen tot groepen vereenigd. Bijna steeds is hij zeer frisch van uiterlijk en is er geen spoor van verweering aanwezig. De fraai idiomorfe biotietlamellen van één der dunne doorsneden zijn lichter van kleur dan die der overige doorsneden; zij bezitten een donkeren magmatischen rand van vele fragmenten opaak erts (magnetiet) en helder gekleurde mineralen (pyroxeen?). Deze rand kan zoo breed worden, dat de biotiet geheel vervangen is door een fijnkorrelig aggregaat van magnetiet en pyroxeen (?), terwijl ook ijzeroxyden bijgemengd zijn. Als insluitsel van den biotiet is magnetiet algemeen; een enkele maal werden apatiet en zirkoon gevonden. Ten opzichte van de veldspaatphenokristen is de biotiet soms jonger, soms ouder.

De door Osann vermelde optische eigenschappen ²⁾ werden eveneens opgemerkt; echter vond ik den assenhoek bijna steeds klein en slechts zelden zoo groot, dat de tweeassigheid tot uitdrukking komt, terwijl de uitdooving ten opzichte van de splijtlijnen bijna steeds recht en zelden scheef werd waargenomen.

Rhombische pyroxeen. Deze is in een vrij belangrijke hoeveelheid aanwezig en van veel grootere beteekenis dan de monokliene pyroxeen en de amfibool. Hij komt vooral voor als kleurlooze, kortere en langere zuiltjes, waaraan steeds een begrenzing volgens het basisch pinacoïde ontbreekt en die gestrekt zijn in de richting van de c-as. De prismatische splijting is duidelijk uitgesproken; een onregelmatige deeling $\perp$ c-as is zeer algemeen. Met de lengterichting van de zuiltjes valt steeds de richting van de kleinste elasticiteit samen. Het pleochroïsme is uiterst zwak en meestal niet

¹⁾ A. Osann. loc. cit. pag. 701. Het gehalte aan SiO_2 is volgens eene analyse van Savelsberg 63,75 %. Dit, voor een andesiet zeer hoog percentage is volgens Osann ten deele aan de kwartsinsluitsels te wijten.

²⁾ ibid. pag. 699.

waar te nemen ¹⁾. Dit wijst dus op enstatiet (c.q. bronziet) ²⁾, waarmee ook de overige eigenschappen overeenkomen. Behalve in den vorm van zuiltjes komt de rhombische pyroxeen ook als onregelmatig begrensde korrels voor.

In den enstatiet is veelal magnetiet ingesloten; de in het algemeen zeldzame omsluiting van monoklienen pyroxeen door rhombischen pyroxeen werd meermalen waargenomen en wordt ook door Osann vermeld ³⁾. Algemeen is de omsluiting van den rhombischen pyroxeen door de phenokristen van veldspaat.

Omtrent het voorkomen van monoklienen pyroxeen (augiet c.q. diopsiedischen augiet) en amfibool zij verwezen naar de studie van Osann ⁴⁾. De amfibool werd veelal in de veldspaten ingesloten gevonden, hij omsluit daarentegen soms den biotiet.

Veldspaat. Deze is rijkelijk aanwezig, soms als groote phenokristen. Hij is steeds plagioklaas, waarvan de symmetrische uitdoovingshoeken eene grootte bezitten, overeenkomende met die van labradoriet, c.q. bytowniet ⁵⁾. De begrenzing is meestal min of meer idiomorf. De zonaire bouw is zeer algemeen, waarbij de kern basischer is dan den rand en de aciditeit van binnen naar buiten toeneemt; echter kan een enkele schaal hiervan afwijken en basischer zijn, dan die er binnen is gelegen. Polysynthetische tweelinglamellen volgens albiet- en periklienwet zijn algemeen; behalve de veel voorkomende Karlsbader-tweelingen werd een enkele Baveno-tweeling opgemerkt, bij welke, door herhaling van de vertweeling, vier individuen ringvormig gegroepeerd zijn. Als insluitsels werd in de plagioklazen, behalve pyroxeen, ook biotiet en erts aangetroffen. De veldspaten zijn meestal frisch van uiterlijk en slechts weinig veranderd in sericietische producten.

De grondmassa van de meesten der dunne doorsneden is zeer glasrijk en blijft o.h.m. bij + nicols grootendeels donker. De kleur is zeer lichtbruin en waarschijnlijk het gevolg van een gering gehalte aan ijzer. Om magnetietkorrels is hier geen lichtergekleurd,

¹⁾. Osann (loc. cit. pag. 699) vermeldt een zeer lichtgroene kleur o.h.m. en geeft voor geïsoleerde kristallen een duidelijk pleochroïsme op: *c* groen, *b* geel, *a* roodachtig geel.

²⁾. Osann noemt de rhombische pyroxeen bronziet (ibid. pag. 699).

³⁾. ibid. pag. 699.

⁴⁾. ibid. pag. 699.

⁵⁾. Osann komt met de uitdoovingshoeken op OP (001) tot dezelfde conclusie (loc. cit. pag. 698).

ijzerarm hof waar te nemen, zooals o.a. door Molengraaff van een cordiëriet-vitrophyriet uit Zuid-Afrika beschreven wordt. ¹⁾

Bij een enkelen andesiet bestaat de grondmassa ten deele uit uiterst kleine, weinig dubbelbrekende fragmenten, die waarschijnlijk uit veldspaat bestaan. Zij moeten zeer zeker niet beschouwd worden als producten eener microfelsietische ontglazing van de grondmassa, zooals die door Osann beschreven worden; hij vermeldt deze als radiaal gerangschikte zeer fijne vezeltjes, welke bij + nicols soms een zwakke dubbelbreking vertoonen. ²⁾

Omtrent het voorkomen van cordiëriet in de grondmassa, waardoor deze andesiet zoo uiterst interessant is, zij wederom naar de studie van Osann verwezen ³⁾. Hier zij nog opgemerkt, dat het gehalte aan cordiëriet zeer wisselend is; van sommige exemplaren is de grondmassa zeer rijk aan cordiëriet, bij andere is de cordiëriet zeer spaarzaam aanwezig of ontbreekt geheel. De rechthoekige en vierkante doorsneden van cordiëriet, die een wat hoogere dubbelbreking vertoonen dan de zeshoekige sneden volgens de basis, zijn gemakkelijk te verwarren met dergelijke doorsneden van de veldspaten, die tot gelijksoortige sericietische producten verweeren als de cordiëriet, doch in het algemeen gekenmerkt zijn door een wat lagere dubbelbreking en in tegenstelling met de doorsneden van cordiëriet veelal scheef uitdooven. De cordiëriet is steeds in meerdere of mindere mate veranderd in een lichtgroen, fijnschubbig aggregaat van sericietische verweeringsproducten (piniet?), waarbij vermoedelijk ook wat chloriet aanwezig is. Deze verandering begint niet alleen aan den rand van de individuen, doch ook om de talrijke ertsinsluitels. De verschillende stadia van deze verweering zijn uitstekend te bestudeeren; dikwijls is de cordiëriet geheel in deze producten veranderd, zoodat de oorspronkelijke eigenschappen niet meer te herkennen zijn en alleen de zeszijdige omtrek er op wijst, dat het individu een doordringingsdrieling van cordiëriet is. Bij de sterk veranderde rechthoekige en vierkante doorsneden is de vaststelling van het oorspronkelijke mineraal dikwijls een onmogelijkheid, daar de veldspaten ook tot dergelijke sericietische producten, die microscopisch niet van die van den cordiëriet te onderscheiden zijn, kunnen veranderen.

¹⁾ G. A. F. Molengraaff. 30. pag. 80.

²⁾ A. Osann. loc. cit. pag. 701.

³⁾ ibid. pag. 699—700.

Wanneer de grondmassa zeer rijk aan cordiëriet en veldspaat is, kan zij bij sterke verandering vrijwel geheel uit fijne glimmerproducten gaan bestaan.

Erts komt in de grondmassa rijkelijk voor en is steeds als stukjes en korrels zonder reguliere begrenzing aanwezig.

Ingesloten bestanddeelen.

De andesiet van den Hoyazo is buitengewoon rijk aan insluitsels, welke vanaf microscopische afmetingen tot groote blokken kunnen optreden. Van de talrijke exemplaren, die ik bij mijn verschillende bezoeken aan den Hoyazo verzamelde, behoort het overgrootste gedeelte tot gesteenten, die zeer verschillen met den andesiet en tot de „enclaves enallogènes” van Lacroix behooren; slechts één soort insluitel, een dieptegesteente, dat in zekeren zin als de dieptevorm van den andesiet te beschouwen is, moet tot de „enclaves homoeogènes” gerekend worden. Van de hieronder beschreven insluitsels vermeldt Osann de ad. 1, 2a, 2b, 3 en 4 genoemde ¹⁾, die ad. 2c, 5, 6 en 7 beschrijft hij niet, evenmin de dieptegesteenten ad. 8, doch wél een dieptegesteente, dat hiermede overeenkomt. Allereerst zullen de „enclaves enallogènes” (1—7), daarna de „enclaves homoeogènes” (8) besproken worden.

1. Kwarts.

Macroscopisch bezit ieder handstuk van den andesiet talrijke stukjes ingesloten kwarts. Een enkele maal werden grootere stukken gevonden (tot een grootte van ± 5 c.M.); deze zijn sterk aangesmolten en hunne oppervlakte is facetachtig door talrijke scheuren.

Bij microscopisch onderzoek bevat ieder stuk andesiet grootere en kleinere stukjes kwarts (soms in groote hoeveelheid); deze bezitten meestal een onregelmatig afgeronden vorm en zijn veelal min of meer ingesnoerd. De begrenzing met den omgevenden andesiet is meestal niet scherp, m.i. is de kwarts door het andesietische magma ten deele geresorbeerd. Van alle insluitsels komen deze verreweg het meest voor, hoewel hunne hoeveelheid bij de verschillende exemplaren zeer varieert ²⁾.

De ingesloten kwarts is steeds zeer zuiver.

¹⁾ ibid. pag. 702—705.

²⁾ Het is duidelijk, dat een chemische analyse van den andesiet de juiste samenstelling van het oorspronkelijke magma, dat door opname van vreemde bestanddeelen (vooral kwarts) zuurder werd, niet aangeeft. Ook moet de ingesloten kwarts het SiO_2 cijfer belangrijk beïnvloeden.

2. *Sillimannietgneis.*

Van dit gesteente zijn insluitsels, zoowel van microscopische afmetingen als van blokken van 40 c.M. doorsnede, in groote hoeveelheid aanwezig. Aangezien bij de microscopische en zeer kleine insluitsels enkele andere bestanddeelen aangetroffen werden dan bij de groote exemplaren, zullen deze afzonderlijk besproken worden. Bovendien zal een gesteente beschreven worden, dat bijna geheel uit sillimanniet bestaat en als een variëteit van den gneis is te beschouwen. *Groote insluitsels.*

Door de groote hoeveelheid biotiet zijn deze insluitsels steeds donker gekleurd. Granaten komen er in groote hoeveelheid in voor en werden tot een grootte van ± 2 c.M. waargenomen. Zij zijn meestal als ikositetraëders ontwikkeld ¹⁾ en zijn veelal door een dunne schil van een witte substantie omgeven. Sommige exemplaren van deze insluitsels zijn zeer rijk aan cordiëriet en min of meer blauw gekleurd; zij zijn door Osann uitvoerig beschreven ²⁾. Hier zullen alleen de cordiërietvrije gneizen worden besproken.

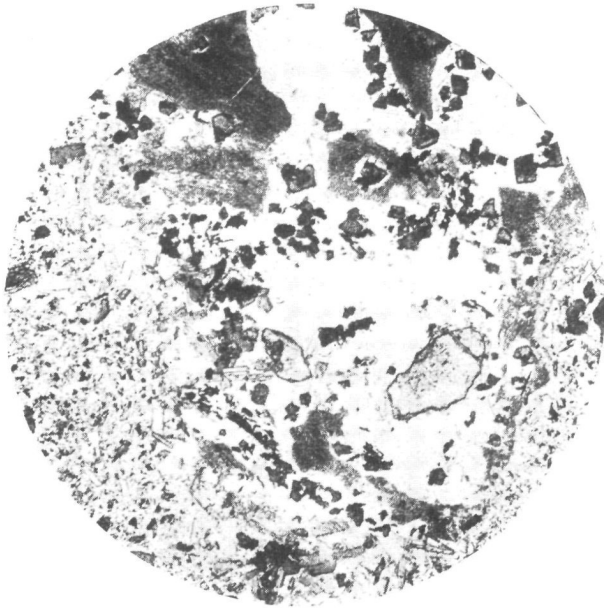
Bij microscopisch onderzoek blijken deze insluitsels voor het grootste gedeelte te bestaan uit een grijze troebele massa, die bij opvallend licht een zijdeachtigen glans vertoont. Bij groote vergrooting blijkt deze massa ten deele uit schoofvormig gegroepeerde waterheldere naaldjes, ten deele uit een dicht viltig aggregaat van deze naalden te zijn samengesteld. De optische eigenschappen hiervan zijn moeilijk te bestudeeren; zij blijken bij nauwkeurig onderzoek overeen te komen met die van sillimanniet ³⁾.

Biotiet is rijkelijk aanwezig als min of meer idiomorfe, veelal langgerekte individuen en als onregelmatig begrensde aggregaten. Hij is steeds in de fijne sillimannietmassa aanwezig en dan dikwijls in smalle banen, evenwijdig aan de algemeene groepeeringsrichting der naalden, gerangschikt. De biotiet komt ook voor als opeenhooping van vele lamellen, die dan op geen bepaalde wijze georiënteerd zijn. Behalve erts is soms wat sillimanniet ingesloten. De granaat is lichttroze gekleurd en steeds sterk gescheurd. Het centrum is soms in talrijke kleine stukken gebroken, waartusschen een fijne sillimannietmassa wordt aangetroffen. Tusschen den granaat en de omringende sillimannietmassa is veelal een smalle, uit glimmerachtige

¹⁾ A. Osann loc. cit. pag. 705.

²⁾ ibid. pag. 704.

³⁾ De brekingsindex, vastgesteld volgens de methode van Schroeder v.d. Kolk, ligt tusschen 1,64 en 1,66.



Vergr. 31 $\times$. Gewoon licht. Insluitsel van sillimanniet in den andesiet van den Hoyazo.
Men herkent de donkergrijze massa's van sillimannietnaaldjes, doorsneden van pleonast,
onregelmatig begrensde granaten en donker erts.

producten bestaanden rand aanwezig, waarin de sillimanniet ontbreekt.

Magnetiet wordt rijkelijk aangetroffen, het meest in de nabijheid van den biotiet. Hij komt voor als korrels van onregelmatigen vorm en als langgerekte massa's, die meestal evenwijdig met de parallel gegroepeerde biotietblaadjes gerangschikt zijn.

Plagioklaas is vrij zeldzaam als tamelijk groote individuen met ingesloten biotiet, terwijl muscoviet sporadisch als zeer kleine lapjes werd aangetroffen.

Zeer kleine en microscopische insluitsels.

In alle handstukken zijn microscopisch kleine, zeer donker gekleurde, meer of minder ellipsvormige insluitsels te herkennen, welke uit donkeren glimmer en witte bestanddeelen zijn samengesteld. In dunne doorsneden zijn zij bij opvallend licht zilverwit met een zijdeachtigen glans.

Bij microscopisch onderzoek blijkt het insluitsel, waarvan een gedeelte op Plaat 6 zichtbaar is, in hoofdzaak te bestaan uit een aggregaat van sillimannietnaaldjes, welke groepsgewijze evenwijdig georiënteerd zijn. Spinel komt behalve als korrels ook als fraaie octaëderdoorsneden in dit insluitsel rijkelijk voor. De groene kleur wijst op pleonast. Wanneer de pleonast in den sillimanniet voorkomt is hij veelal door een sillimannietvrijen rand omgeven. De granaat heeft meestal geen eigen vorm en bevat kleine insluitsels van erts en biotiet. De sillimannietnaalden, spinel en magnetiet zijn veelal in veldspaten ingesloten. Van enkele veldspaten ligt de brekings-index beneden die van den canadabalsem, zoodat dus een zure plagioklaas (albiet?) aanwezig is; van andere veldspaten wijzen de symmetrische uitdoovingshoeken op basische plagioklazen. De veldspaten zijn meestal zeer frisch van uiterlijk. Magnetiet is rijkelijk voorhanden. Om dit insluitsel is plaatselijk een smalle rand van kleine plagioklaasindividuen aanwezig.

In andere insluitsels werd biotiet in dikwijls groote hoeveelheid waargenomen. Hij omsluit steeds den pleonast, wanneer hij hiermede voorkomt. Magnetiet is altijd aanwezig in onregelmatig begrensde, langgerekte massa's, welke in den biotiet en in de aggregaten van sillimanniet zijn ingesloten. In den sillimanniet is hij zonder eenige regelmaat verdeeld en is er geen verband met de groepeerings van de sillimannietnaalden.

Zirkoon is als heldere, soms gescheurde, korrels niet zeldzaam in den sillimanniet en biotiet. Pleochroïtische hofjes om de zirkoonkristalletjes werden niet opgemerkt.

Ijzeroxyden zijn als verweeringsproducten van den magnetiet steeds overvloedig aanwezig.

De begrenzing van deze kleine insluitsels met den omringenden andesiet is meestal niet zeer scherp; aan den rand van de insluitsels liggen de sillimannietnaaldjes minder dicht op elkaar dan in het centrum, terwijl zij in den omliggenden andesiet nog op vrij grooten afstand van de insluitsels verspreid voorkomen. Daarbij neemt hun hoeveelheid af, naarmate de afstand tot het insluitsel toeneemt. Ook octaëders van pleonast werden soms buiten deze insluitsels in den andesiet opgemerkt. In dergelijke gevallen is het wel zeker, dat de verspreide sillimannietnaalden en de spinel van het insluitsel afkomstig zijn.

Talrijk zijn ook kleine insluitsels, die alleen uit sillimanniet en wat magnetiet bestaan en, althans oogenschijnlijk, in geen verband staan met de hierboven vermelde grootere insluitsels. Het is echter zeer wel mogelijk, dat zij hiervan afkomstig zijn, doch zij kunnen evengoed als zoodanig door den andesiet opgenomen zijn, als het residu zijn van een grooter insluitsel, dat ten deele door het magma gedigereerd werd. M. i. zijn de onscherpe overgangen tusschen deze insluitsels en den andesiet, en het optreden van sillimannietnaalden in den andesiet op te vatten als gevolg van het digeratieproces.

Dergelijke insluitsels worden door Osann beschreven van den glimmerpyroxeenandesiet van de Rambla del Esparto (bij de kust van de Middellandsche zee ten noordoosten van Cuevas de Vera)¹⁾, welke bovendien nog korund, andalusiet, rutiel, kwarts en apatiet bevat. Hij beschouwt deze als kontaktmetamorfe schistinsluitsels.

M. i. moeten deze insluitsels van den Hoyazo opgevat worden als fragmenten van den sillimannietgneis, welke ten deele door den andesiet gemetamorfoseerd werden (zie pag. 58 en 59).

Om sommige van deze insluitsels schijnen zich de donkere bestanddeelen (biotiet) van den andesiet in meerdere of mindere mate geconcentreerd te hebben.

Insluitsels, bijna geheel uit sillimanniet bestaande.

Deze insluitsels moeten beschouwd worden als een bijzonderen vorm van den sillimannietgneis. Ik vond twee van dergelijke

¹⁾ A. Osann. 37. pag. 711 en 712.

insluitels, welke enkele verschillen vertoonen en afzonderlijk besproken zullen worden.

Type 1. ± 10 c.M. groot. Macroscopisch bestaat het in hoofdzaak uit een dicht aggregaat van schoofvormig gegroepeerde witte vezels met zijdeachtigen glans, veel op tremoliet gelijkend. Plaatselijk komt nog wat glimmer en granaat voor.

Bij microscopisch onderzoek blijkt ongeveer alles uit een dicht viltig aggregaat van fijne sillimannietvezels te bestaan. Van uitgezocht materiaal werd de brekingsindex bepaald, welke met dien van sillimanniet overeenkomt. Door een quantitatief chemisch onderzoek kon Al, doch geen Ca aangetoond worden. Hiermede is voldoende aangetoond, dat dit materiaal sillimanniet is. Ertskorrels (magnetiet) zijn algemeen aanwezig.

Type 2. Afmetingen ongeveer $12 \times 12 \times 10$ c.M. Het is een lichtgekleurd, hard gesteente; macroscopisch in hoofdzaak uit lange, glasglanzende vezels bestaande, die zeer veel op tremoliet gelijken en ook zeer fijnvezelig kunnen zijn. Kleine granaten ($\frac{1}{2}$ m.M.) en blauwe cordiëriet komen zeer ondergeschikt voor.

Bij microscopisch onderzoek blijkt sillimanniet overvloedig aanwezig te zijn als langgerekte individuen, die aanmerkelijk dikker zijn dan de sillimannietnaalden van de overige gneizen. De optische eigenschappen zijn echter dezelfde, terwijl een onregelmatige afzondering $\perp$ de lengterichting algemeen is. Bovendien treedt de sillimanniet op als een zeer fijnvezelig aggregaat, dat op enkele plaatsen overgaat in de dikkere individuen. De sillimanniet is overal aanwezig in een weinig dubbelbrekende substantie, die frisch van uiterlijk is en op enkele plaatsen polysynthetisch is vertweelind. Dit is plagioklaas, waarvan de brekingsindex en de symmetrische uitdoovingshoeken met die van de basische reeksen overeenkomen. ¹⁾

3. Uit cordiëriet en kwarts bestaande gesteenten. ²⁾

Deze zijn door Osann uitvoerig beschreven en heb ik eveneens aangetroffen. Dit gesteente komt dikwijls tezamen voor met den blauwen cordiëriethoudenden sillimannietgneis en is hiermede somtijds door overgangen verbonden.

¹⁾. Volgens Osann (35. pag. 705) komt bij den cordiëriet van den cordiëriethoudenden sillimannietgneis soms polysynthetische vertweeling voor, gelijkende op die der veldspaten. Hier is m.i. echte plagioklaas aanwezig, waarmede ook dubbelbreking en brekingsindex overeenkomen.

²⁾. A. Osann. 35. pag. 702—704.

4. Granaat.

De granaat komt overvloedig in den andesiet voor en is van den gneis afkomstig. Hij is weinig goed begrensd en meestal eenigszins aangesmolten. O.h.m. is hij zeer zuiver, veelal sterk gebroken en vertoont afgeronde vormen. Zie overigens de studie van Osann ¹⁾.

5. Kwartsietische roode zandsteen en zandige kalksteen.

In de reeds eerder vermelde depressie in het zuidwestelijk gedeelte van den rand ²⁾ is over een groote oppervlakte een roode

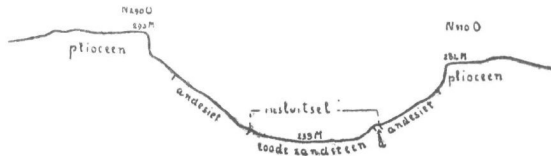


Fig. 1.

Schaal 1 : 4000.

Profiel door de depressie in het zuidwestelijk gedeelte van den rand van den Hoyazo. a = ontsluiting in de zandige kalksteen.

zandsteen blootgelegd; aan alle zijden is deze door den andesiet omgeven. In fig. 1 is een profiel in WNW.—ONO. richting over de depressie voorgesteld, in het vlak van teekening is het ingesloten blok ongeveer 60 M. lang, in de richting $\perp$ erop ongeveer 20 M. Talrijke losse stukken kwarts liggen op de depressie, zij moeten afkomstig zijn van de vele kwartsgangen, die in den rooden zandsteen voorkomen. In een kleine ontsluiting aan de oostzijde van de depressie ligt op den rooden zandsteen een lichtgeel gekleurde zandige kalksteen. Deze wordt bedekt door andesiet, waarop weer de plioceene kalk gelegen is.

Macroscopisch gelijkt de kwartsietische roode zandsteen zeer veel op soortgelijke gesteenten uit de onderste afdeeling van den trias, o.a. op het gesteente, dat op pag. 37. ad. 5 is beschreven. De aanwezigheid van de kwartsgangen pleit er ook sterk voor dit gesteente tot de onderste afdeeling van den trias te rekenen.

Bij microscopisch onderzoek blijkt het uiterst fijnkorrelig te zijn; kwarts vormt het hoofdbestanddeel; fijne sericiet, magnetiet, haematiet en limoniet zijn eveneens veel aanwezig. Calciet is

¹⁾ ibid. pag. 705.

²⁾ pag. 42 en fig. 1, Plaat 4.

algemeen en door ijzeroxyde lichtbruin gekleurd. De bruingekleurde, macroscopisch zichtbare laagjes in het gesteente zijn zeer rijk aan dezen calciëet. Toermalijn is in geringe hoeveelheid voorhanden, het pleochroïsme is als volgt: E kleurloos, O blauwgroen; een onduidelijke afzondering $\perp$ de c as is waarneembaar.

De zandige kalksteen bestaat o.h.m. bijna geheel uit fijne calciëetkorrels, waartusschen enkele kwartsfragmenten voorkomen. Doorsneden van globigerinen zijn niet zeldzaam.

Deze kalksteen vertoont een zekere overeenkomst met de lichtgeel gekleurde kalken, die op enkele plaatsen van de Sierra Alhamilla aan de basis van de middelste afdeeling van den trias werden gevonden ¹⁾ en die eveneens globigerinen bevatten. Hij gelijkt echter ook op sommige gesteenten van het ouder-tertiair ²⁾. In verband met de ligging op den kwartsietischen rooden zandsteen van de onderste afdeeling van den trias moet dit gesteente m.i. tot den trias gerekend worden.

6. *Donkere triasdolomiet.*

Hiervan werd een enkel los exemplaar gevonden nabij de oostzijde van de depressie.

7. *Gips.*

Een los stukje werd bij het stuk dolomiet aangetroffen.

8. *Holokristallijn dieptegesteente.*

Hiervan komen talrijke stukken tot een maximale grootte van 30—40 c.M. in den andesiet ingesloten voor. Macroscopisch zijn het tamelijk fijnkorrelige gesteenten, waarvan biotietarme en biotietrijke variëteiten te onderscheiden zijn. Osann beschrijft een biotietrijk diorietisch insluitsel ³⁾, dat echter aanmerkelijk verschilt met het hieronder (ad. type 2) vermelde gesteente.

Type 1. Biotietarme variëteit.

Microscopisch bezit dit gesteente een hypidiomorfe structuur. De hoofdbestanddeelen zijn veldspaat, rhombische pyroxeen en amfibool.

De veldspaat is steeds plagioklaas, vertweelingd volgens albiet- en periklienwet. De symmetrische uitdoovingshoeken werden tot 35° waargenomen, zoodat de veldspaat, althans ten deele, tot den labradoriet behoort. De brekingsindex, bepaald volgens de methode van Schroeder v. d. Kolk, varieert van 1,552 tot 1,561; de

¹⁾ pag. 37 ad. 1.

²⁾ pag. 40. ad. d.

³⁾ ibid. pag. 702. Dit gesteente bevat triklien veldspaat, veel biotiet, hoornblende, augiet, doch geen rhombische pyroxeen.

meeste stukjes hebben echter een brekingsindex, welke met dien van andesien overeenkomt; slechts enkele behooren, blijkens hun brekingsindex tot den labradoriet. Met deze feiten is de algemeen voorkomende zonaire bouw in overeenstemming. De plagioklaas is meestal zeer frisch en weinig veranderd.

Rhombische pyroxeen is rijkelijk aanwezig. Hij is steeds kleurloos en soms zeer zwak pleochroïtisch van kleurloos tot zeer lichtbruin. Aan de dikwijls zeer groote individuen zijn de vlakken (010), (110) en (001) te herkennen, waarbij het prisma ten opzichte van de pinakoïden sterk op den achtergrond treedt.

Monokliene pyroxeen is in geringe hoeveelheid aanwezig. Knievormige tweelingen werden een enkele maal waargenomen.

Amfibool (hoornblende) is ongeveer in gelijke hoeveelheid aanwezig als de rhombische pyroxeen. Het pleochroïsme is ongeveer als volgt: *a* lichtgroen, *b* bruingroen, *c* donkergroen, zoodat het absorptieschema wordt $c \geq b > a$.

De uitdoovingshoeken met de prismatische splijtlijnen zijn soms zeer groot (25°). ¹⁾ De amfibool is in den regelminder fraai idiomorf begrensd dan de rhombische pyroxeen.

Zoowel de pyroxeen als de amfibool zijn steeds ouder dan de veldspaten. De amfibool omsluit veelal den pyroxeen; het omgekeerde werd ook een enkele maal gevonden.

Biotiet komt zeer zelden voor als kleine lamellen, die soms omsloten zijn door den amfibool. Kwarts is niet zeldzaam en als laatste uitscheidingsproduct volkomen allotriomorf.

Apatiet is algemeen aanwezig als dunne, langgerekte, stengelige individuen. Evenwijdig met de lengteas zijn steeds talrijke donkere bestanddeelen ingesloten, welke soms het geheele individu innemen. Een onregelmatige deeling loodrecht op de lengterichting is zeer algemeen, de verschillende fragmenten zijn dikwijls ten opzichte van elkaar verschoven. Ook dikkere zuiltjes, soms zeer licht violet gekleurd en zwak pleochroïtisch, werden opgemerkt. Sneden volgens de basis zijn niet zeldzaam. De apatiet was het eerste uitscheidingsproduct van het magma en komt in alle overige bestanddeelen van het gesteente voor.

Erts is als korrels in geringe hoeveelheid aanwezig en waarschijnlijk van secundairen oorsprong.

¹⁾ Met de beoordeeling van dergelijke uitdoovingshoeken moet men voorzichtig zijn, daar betrekkelijk groote uitdoovingshoeken bij alle amfibolen kunnen voorkomen in sneden, die gelegen zijn tusschen een verticaal pinakoïde in de basis.

De hypidiomorfe structuur en de aanwezigheid van de niet zeer basische plagioklazen, welke na de pyroxenen en amfibolen zijn uitgekristalliseerd, zijn voldoende aanwijzingen om dit gesteente tot de diorieten te rekenen. Daar echter de geologische positie geheel onbekend is, lijkt het van weinig belang te zijn, aan dit gesteente een bepaalden naam te willen verleen. Er zij nog de aandacht gevestigd op de aanwezigheid van den rhombischen pyroxeen, welke in diorietische gesteenten weinig wordt aangetroffen. ¹⁾.

Type 2. Biotietrijke variëteit.

Het gesteente is donkerder dan het vorige en bevat macroscopisch veel biotiet. Bij microscopisch onderzoek zijn bovendien nog aan te toonen: rhombische en monokliene pyroxeen, amfibool, plagioklaas en kwarts.

Biotiet is veel aanwezig en meestal ouder dan de veldspaten en de amfibolen; hij omsluit daarentegen den pyroxeen. Hij is steeds zeer frisch van uiterlijk en soms fraai idiomorf. De assenhoek is in het algemeen klein, doch bij enkele individuen vrij groot; de uitdooving is echter steeds evenwijdig met de splijtlijnen.

De pyroxeen is meestal weer rhombische pyroxeen, hij omsluit veelal den augiet en is als korrels in de veldspaten ingesloten.

Amfibool is rijkelijk aanwezig, pleochroïsme en absorptie zijn gelijk aan die van den amfibool van type 1. Opgemerkt werd een vertweelinging volgens (100). De amfibool is meestal jonger dan den pyroxeen en den biotiet, doch ouder dan de veldspaten.

De veldspaat is dezelfde als van het vorige gesteente, misschien is hij een weinig basischer (ten deele bytowniet). Kwarts is zeldzaam.

De volgorde van uitkristallisatie der verschillende bestanddeelen is dus: pyroxeen, biotiet, amfibool, plagioklaas, kwarts en is dezelfde als die van type 1.

Het overigens geheel holokristallijne gesteente bevat op enkele plaatsen tusschen de groote individuen van plagioklaas in geringe hoeveelheid een glasrijke massa, waarin behalve kleine plagioklaaslatjes, stukjes pyroxeen, biotiet, amfibool en enkele zeer groote individuen van apatiet worden aangetroffen. Deze apatieten zijn langwerpig en eenigszins tonvormig, zij bezitten een duidelijke splijting volgens de basis en een minder duidelijke in de richting van de lengteas. De steeds negatieve dubbelbreking en de zeer lage (grijze) polarisatiekleuren zijn afdoende aanwijzingen voor apatiet.

¹⁾ H. Rosenbusch. 39. pag. 273.

De aanwezigheid van de glasrijke massa in het overigens holokristallijne gesteente is zeer merkwaardig. Zeer zeker moet deze niet beschouwd worden als een soort grondmassa van een porphyrisch gesteente. M.i. was zij oorspronkelijk niet in het diorietisch dieptegesteente aanwezig, doch is later gevormd door eene oppervlakkige aansmelting van het insluitsel door het andesietische magma, waarin het werd opgenomen. Bij de latere afkoeling van deze gesmolten massa kristalliseerden eerst kleine veldspaten, pyroxenen enz. uit, waarna de rest als een glasachtige massa stonde. De groote apatieten zijn waarschijnlijk veel eerder gevormd; wellicht pneumatolytisch door chloor- of fluorhoudende gassen.

Beschouwingen over de insluitsels.

De veranderingen, welke de ingesloten vreemde bestanddeelen door het andesietische magma hebben ondergaan, zijn zeer verschillend. Van de insluitsels der triadische gesteenten zijn de dolomiet en de kwartsietische zandsteen in het geheel niet veranderd. Zelfs de zandige kalksteen (pag. 54), een betrekkelijk gemakkelijk te veranderen gesteente, toont geen spoor van metamorfose. Daarentegen zijn de insluitsels van den gneis naar alle waarschijnlijkheid zeer door het magma veranderd. Om deze tegenstrijdige verschijnselen te verklaren moet vooral in het oog gehouden worden, dat het meerendeel van de vreemde bestanddeelen in de diepte door het zeer warme magma opgenomen werd, terwijl enkele insluitsels van geringe diepte afkomstig zijn en alleen met reeds sterk afgekoeld magma in aanraking zijn geweest. In het navolgende zullen de insluitsels afzonderlijk worden beschouwd.

1. *Kwarts.*

De kwarts is ongetwijfeld op groote diepte opgenomen; de aangesmolten en gescheurde groote stukken en de dikwijls sterk geresorbeerde microscopische fragmenten nopen tot deze conclusie. Waarschijnlijk is de kwarts uit de gangen der kristallijne schisten afkomstig.

2. *Sillimannietgneis.*

Osann neemt aan, dat deze gesteenten als zoodanig in het grondgebergte aanwezig zijn en door het magma werden opgenomen ¹⁾.

¹⁾ A. Osann. 35. pag. 706.

M.i. is het echter waarschijnlijker, dat zij, althans ten deele, door den andesiet contactmetamorf werden veranderd. Bij deze verandering zouden dan de typische contactmineralen van den gneis (granaat, sillimanniet, cordiëriet) ontstaan kunnen zijn. De gneis komt in zeer verschillende variëteiten voor (waartoe ook het gesteente, dat alleen uit kwarts en cordiëriet bestaat, te rekenen is), hetgeen m.i. het best te verklaren is, door deze insluitsels te beschouwen als door het magma in de diepte veranderde gesteenten. Niet alleen omdat de oorspronkelijke gesteenten zeer kunnen verschillen, maar ook omdat zij na de opname onder geheel verschillende omstandigheden wat betreft temperatuur, druk, samenstelling van het omgevende magma kunnen hebben verkeerd, zullen de eindproducten belangrijke verschillen kunnen vertoonen. Er zij hier echter op gewezen, dat de mogelijkheid niet ontkend wordt, dat dergelijke gesteenten als zoodanig in het grondgebergte voorkomen ¹⁾. Ook is het niet onmogelijk, dat het dieptegesteente van den andesiet soortgelijke contactgesteenten gevormd heeft, welke later bij de extrusie werden medegenomen. Dat in dit geval deze gesteenten later door het magma nog veranderd werden mag wel als zeker worden aangenomen.

Geen enkele van de groote gneisinsluitsels bevat spinellen; deze komen alleen voor in de kleine ingesloten gneisfragmenten. Deze laatsten werden m.i. sterk gemetamorfoseerd op grootere diepte, waarbij de spinel nieuw gevormd werd. ²⁾ Er werd reeds op gewezen, dat de andesiet op grootere diepte een belangrijke hoeveelheid van den gneis heeft opgenomen en gedigereerd, hetgeen hand in hand gegaan kan zijn met de metamorfose van deze gesteenten. Dat op grootere diepte ook veel kwarts ingesmolten werd mag, gelet op de resorptieverschijnselen, die de kleine kwartsfragmenten alle vertoonen, als vaststaand aangenomen worden. Het oorspronkelijke magma moest noodzakelijkerwijze door deze opname van vreemde bestanddeelen in samenstelling veranderen en het is plausibel, dat hierbij het gehalte aan kiezelzuur toenam.

Volgens Osann is de aanwezigheid van cordiëriet in de grondmassa van den andesiet te danken aan de opname van den

¹⁾ In het kristallijn van de Sierra Alhamilla komen zulke gesteenten niet voor; uit de Serrania de Ronda (een gebergte aan de kust van de Middellandsche zee ten westen van Málaga) beschrijven Michel Lévy en Bergeron een cordiërietgneis uit het kristallijn onder de glimmerschisten. (Mission d'And. pag. 178-181).

²⁾ Zie pag. 52.

cordiëriethoudenden gneis door het magma op grotere diepte. ¹⁾ M. i. was het geen dwingende noodzakelijkheid, dat bij vastwording van het magma de cordiëriet in de grondmassa uitkristalliseerde. Het komt toch voor, dat een effusiefgesteente door opname van vreemde bestanddeelen, welke geheel vrij zijn van cordiëriet, bij latere vastwording in de grondmassa cordiëriet (als doorkruisingsdrielingen) gaat bevatten ²⁾, terwijl zulks niet te verwachten was. De waarschijnlijkheid, dat een magma door opname van een cordiëriethoudend gesteente bij vastwording een aan cordiëriet rijke grondmassa verkrijgt, is m. i. niets grooter, vooral niet wanneer daarenboven nog talrijke andere bestanddeelen opgenomen worden. Het voorkomen van aan cordiëriet rijke insluitsels en de aanwezigheid van doorkruisingsdrielingen van cordiëriet in de grondmassa moet niet beschouwd worden als een vanzelfsprekend verschijnsel, doch als eene bijzondere coïncidentie.

3. *Insluitsels van triadische gesteenten.*

Daar deze gesteenten niet het minste spoor van metamorfose door den andesiet vertoonen, moet worden verondersteld, dat zij gedurende zeer korten tijd met de reeds sterk afgekoelde eruptiva in aanraking kwamen. Zelfs de doorsneden van globigerinen zijn bewaard gebleven.

Men zou kunnen veronderstellen, dat het 60 M. lange en 20 M. breede blootgelegde oppervlak dezer gesteenten niet de bovenzijde van een zeer groot insluitsel, doch vast gesteente is. Hiertegen is aan te voeren, dat op geen enkele plaats in de diepe barranco's, welke de heuvels uit de omgeving van den Hoyazo doorsnijden, dergelijke triadische gesteenten gevonden worden. Dit ware dan toch te verwachten, daar de bodems dezer barranco's op vele plaatsen aanmerkelijk lager zijn gelegen dan de bovenzijde van het insluitsel in den Hoyazo. Het is dus waarschijnlijk, dat hier werkelijk een zeer groot insluitsel aanwezig is. Uit het feit, dat het niet door den andesiet veranderd is, terwijl de andere ingesloten bestanddeelen dit wel zijn, volgt met groote waarschijnlijkheid, dat het vanaf een betrekkelijk geringen afstand beneden de tegenwoordige positie naar boven gebracht is.

4. *Holokristallijn dieptegesteente.*

Deze insluitsels zijn afkomstig van een dieptegesteente, dat

¹⁾ A. Osann. 35. pag. 706.

²⁾ G. A. F. Molengraaff. 30. pag. 88, 91.

waarschijnlijk met den andesiet in genetisch verband staat. Wat de samenstelling betreft zijn zij basischer dan den andesiet ¹⁾ en het ligt voor de hand de oorzaak hiervan te zoeken in de opname van vreemde bestanddeelen door den andesiet, waardoor deze zuurder werd. Daar de juiste geologische positie van het dieptegesteente ten opzichte van het uitvloeiingsgesteente niet bekend is, is het m.i. nutteloos hieruit verstrekkende gevolgtrekkingen te willen maken.

b. Het andesietlichaam ten oosten van den Hoyazo.

De andesiet van dit voorkomen is een glimmerandesiet, welke sterk verweerd is. Bij microscopisch onderzoek blijkt het gesteente zeer rijk aan glas te zijn. Als phenokristen zijn aanwezig:

Biotiet. Deze is rijkelijk voorhanden als idiomorfe langwerpige lamellen en als sneden volgens de basis. Aan de randen zijn deze veelal min of meer in ijzeroxyden veranderd. De assenhoek is meestal klein, doch soms grooter dan bij den biotiet van den Hoyazo. De uitdooving werd echter nooit scheef ten opzichte van de splijtlijnen waargenomen.

Veldspaat. De veldspaten zijn veelal sterk veranderd tot een aggregaat van sericietische en kaolienachtige producten. De uitdoovingshoeken van de symmetrische zone wijzen op basische plagioklazen (labradoriet).

Talrijke phenokristen zijn geheel in een zeer lichtgroene substantie veranderd, deze blijft bij + nicols geheel donker en bestaat vermoedelijk uit een aggregaat van uiterst fijne chlorietische producten. Waarschijnlijk waren de oorspronkelijke mineralen pyroxenen.

De grondmassa bevat vele kleine plagioklaaslatjes, rijkelijk erts (magnetiet) en ijzeroxyden; cordiëriet werd er niet in aangetroffen.

Voor wat betreft de insluitsels van dezen andesiet zij verwezen naar pag. 44.

3. GEOLOGISCHE POSITIE DER ERUPTIVA.

Inleiding.

De geologische positie der eruptiva aan den zuidrand van de Sierra Alhamilla kan alleen ten opzichte van het plioceen vast-

¹⁾ A. Osann. loc. cit. pag. 702.

gesteld worden. Daar het ten oosten van den Hoyazo gelegen eruptieflichaam niet door plioceen bedekt wordt, is dit niet geschikt om deze verhouding te bestudeeren. Hier zal dan ook alleen de geologische positie van den andesiet van den Hoyazo besproken worden. Als eerste mogelijkheid kan verondersteld worden, dat de andesiet jonger is dan de kalkbedekking, en dat de Hoyazo in zekeren zin als een laccoliet opgevat moet worden. Van de vroegere onderzoekers wordt deze opvatting door Donayre gehuldigd. De hellingen van het plioceen van den Hoyazo zijn volgens hem ontstaan, doordat de andesiet de sedimenten heeft opgelicht. Hij vermeldt bovendien verschijnselen van contactmetamorfose in de kalken, hetgeen echter op eene verkeerde waarneming moet berusten ¹⁾.

De andere mogelijkheid, dat het plioceen jonger is dan den andesiet, wordt door Osann verdedigd. Voor deze opvatting voert hij de volgende motieven aan ²⁾:

1. Op het tertiair ontbreken vulkanische producten.
2. De andesiet heeft nergens brokstukken van het tertiaire gesteente ingesloten, terwijl de kalken geen spoor van contactmetamorfose vertoonen.
3. Tusschen het tertiair en den andesiet komen losse tuffen voor.
4. In de Sierra de Gata zijn de eruptiva steeds ouder dan het tertiair.

Calderon y Arana geeft geen bepaalde eigen meening aan, hoewel hij de juistheid van de opvatting van Donayre betwijfelt ³⁾.

In het navolgende zullen mijne eigen waarnemingen over de geologische positie van den andesiet nader worden gediscussieerd, waarbij dan steeds besproken zal worden, in hoeverre zij overeenstemmen met de waarnemingen van Donayre en Osann.

Beschouwingen en eigen waarnemingen.

De positie der plioceene kalken.

Elders ⁴⁾ is de ligging van het plioceen van den Hoyazo en van zijne directe omgeving reeds uitvoerig besproken. Indien men de hellingen van dit plioceen beschouwt valt het dadelijk op, dat

¹⁾ F. M. Donayre. 10. pag. 400 en 403.

²⁾ A. Osann. loc. cit. pag. 697.

³⁾ S. Calderon y Arana. 9. pag. 341.

⁴⁾ pag. 43 en 44.

in de barranco's, zoowel ten noorden als ten westen van den Hoyazo, het plioceen steeds naar het zuiden helt. Daarentegen ligt het plioceen van het oostelijk en westelijk gedeelte van den bovenrand van den Hoyazo ongeveer horizontaal ¹⁾. Indien men aanneemt, dat de Hoyazo een laccoliet is, zijn deze verschillen in helling niet moeilijk te verklaren. Men moet dan echter aannemen, dat de laccoliet gevormd werd vóórdat het plioceen door de jongste orogenetische bewegingen gedислоceerd werd. Bij deze bewegingen, die aan het plioceen van de omringende heuvels van den Hoyazo overal een helling naar het zuiden gaven, moet dan de zeer stugge en moeilijk te vervormen massa van den laccoliet weinig of niet vervormd zijn geworden, zoodat de kalkbedekking van de oostelijke en westelijke gedeelten van den rand horizontaal bleef.

Indien men daarentegen veronderstelt, dat de andesiet ouder is dan de plioceene kalken, is het niet goed in te zien, waarom bij de latere dislocaties het plioceen aan den zuidrand wel uit zijn oorspronkelijke ligging werd gebracht, terwijl het aan de oostelijke en westelijke gedeelten van den tegenwoordigen bovenrand horizontaal bleef. Men zou dan veeleer verwachten, dat de andesiet als een eveneens naar het zuiden hellende bank of plaat onder de plioceene kalken aanwezig zou zijn. Bovendien blijft het dan zeer vreemd, dat nóch in de barranco, 500 meter ten westen van den Hoyazo, nóch aan den voet van de oostelijke helling van den Hoyazo de andesiet aan de oppervlakte komt.

De bestudeering van de hellingen in het plioceen maakt het waarschijnlijk, dat de Hoyazo een laccoliet is.

Het ontbreken van verschijnselen van contactmetamorfose en de structuur van den andesiet.

De plioceene kalken vertoonen bij het contact met den andesiet niet de minste sporen van contactmetamorfose, hetgeen mij door een microscopisch onderzoek dezer gesteenten gebleken is. Er werd reeds vermeld, dat de opvatting van Donayre hieromtrent op verkeerde waarnemingen moet berusten, en dat Osann het ontbreken van contactmetamorfose als een argument voor zijne opvatting aanvoert. Daar echter de ingesloten triadische kalksteen, welke zeer zeker met den nog vloeibaren andesiet in aanraking is geweest, evenmin eenige verandering heeft ondergaan, kan wel aangenomen worden, dat de andesiet geene metamorfose heeft kunnen bewerk-

¹⁾. Vergelijk kaart 2.

stelligen. Het door C s a n n aangevoerde argument verliest hierdoor dus zijne beteekenis. Het ontbreken van verschijnselen van contact-metamorfose in de plioceene kalken behoeft dus niet te pleiten tegen de opvatting, volgens welke de Hoyazo een laccoliet zou zijn. In dit laatste geval zou men moeten aannemen, dat de andesiet bij de intrusie reeds aanmerkelijk afgekoeld was en kort daarna stolde.

Hoe men den Hoyazo ook wil beschouwen, in ieder geval zal men een betrekkelijk snelle afkoeling van den andesiet moeten aannemen. In overeenstemming met dit feit is, dat de grondmassa van den andesiet in het algemeen zeer rijk is aan glas. Van enkele der onderzochte gesteenteexemplaren bestaat de grondmassa echter ten deele uit kleine veldspaatlatjes, zoodat voor deze gesteenten een wat langzamere afkoeling aangenomen dient te worden. Dit is echter niet in tegenspraak met de vorige conclusie, daar het mogelijk is, dat deze gesteenteexemplaren afkomstig zijn van de diepste gedeelten uit de komvormige depressie, terwijl het eveneens niet onwaarschijnlijk is, dat enkele gedeelten van den andesiet sneller gestold zijn dan de rest.

Het voorkomen van de groote doorkruisingsdrielingen van cordiëriet ¹⁾ in de grondmassa eischt daarentegen eene nadere verklaring. Zij kunnen toch alleen gevormd zijn geworden bij een zeer langzame afkoeling van den andesiet ²⁾. Deze cordiëriet komt ook voor in den andesiet uit de onmiddellijke nabijheid van het groote insluitsel der triadische gesteenten, welke andesiet aldaar snel gestold moet zijn. De doorkruisingsdrielingen van cordiëriet moeten dus op een grootere diepte gevormd zijn geworden vóórdat de andesiet naar boven kwam. Na de uitvloeijing (c.q. intrusie) moet de andesiet betrekkelijk snel gestold zijn.

Uit het bovenstaande moge gebleken zijn, dat nóch uit het gemis van contactmetamorfose, nóch uit de structuur van den andesiet eene conclusie te trekken valt omtrent de genese van den andesiet.

Het voorkomen van fragmenten van den andesiet in het plioceen.

Bij het contact van den andesiet met het plioceen bij de depressie in het zuidwestelijk gedeelte van den rand vindt men talrijke hoekige stukken andesiet, die door een lichtgekleurde kalkige

¹⁾ Osann vermeldt, dat deze doorkruisingsdrielingen eene grootte van 0,4 m.M. kunnen bereiken. (loc. cit. pag. 699).

²⁾ A. Osann. loc. cit. pag. 701.

massa verkit zijn. Bij eene oppervlakkige beschouwing geeft het den indruk, alsof deze andesiet in de plioceene sedimenten is ingesloten, hetgeen er op zou wijzen, dat het plioceen jonger dan den andesiet zou zijn. Bij nauwkeurige beschouwing daarentegen toont het kitmiddel weinig overeenkomst met de plioceene kalken. Het is niet onmogelijk, dat deze andesietbrokken verkit zijn geworden, doordat kalkhoudende oplossingen er tusschen gecirculeerd hebben. Deze oplossingen zouden van de nabijgelegen kalken afkomstig kunnen zijn, doch kunnen evenzeer, als eene post-vulkanische werking, uit de diepte zijn gekomen, in welk geval een vergelijking te trekken ware met een soortgelijke verkitting, als door Born van een boven-devoon diabaasdek wordt beschreven ¹⁾.

Ook aan het noordelijk randgedeelte vond ik bij het contact tusschen den andesiet en het plioceen enkele, door een kalkige substantie verkitte, stukjes andesiet. Zoowel deze andesiet als de kalk is zóó verweerd, dat over den oorsprong van het kitmiddel niets te concludeeren valt.

Het voorkomen van andesieltuffen onder het plioceen.

In de Rambla de la Granatilla vond ik talrijke aaneengekitte stukken andesiet in de onmiddellijke nabijheid van de plioceene kalkbedekking. Zij komen echter zeer plaatselijk voor en ik heb ze verder nergens aangetroffen. Daarentegen vermeldt Osann dergelijke aaneengekitte stukken andesiet van het noordelijk en oostelijk gedeelte van den rand; hij beschouwt ze als tuffen. Ik acht het echter mogelijk, dat deze aaneengekitte andesiet een zeer recente oppervlakkige vorming is, welke met tuffen niets te maken heeft. Het lijkt mij niet gerechtvaardigd deze zgn. tuffen als een bewijs voor den jongeren ouderdom van het plioceen ten opzichte van den andesiet te willen gebruiken.

Het ontbreken van vulkanische producten op het tertiair.

Evenmin als Osann vond ik op het plioceen uit de omgeving van den Hoyazo vulkanische producten. Dit zou echter alleen een bewijs kunnen zijn, dat de Hoyazo geen vulkaan geweest is; het pleit daarentegen in geen enkel opzicht tegen de aanname van een laccoliet.

Vergelijking met de eruptiva van de Sierra de Gata.

De eruptiva van de Sierra de Gata worden op sommige plaatsen door, min of meer horizontaal gelegen, plioceene sedimenten

¹⁾. A. Born. 4. pag. 104, 113-117.

bedekt. Deze sedimenten zijn zeer zeker jonger dan de eruptiva, hetgeen door Osann kon worden vastgesteld ¹⁾. Het is dus zeer goed mogelijk, dat ook voor de eruptiva aan den zuidrand van de Sierra Alhamilla een dergelijke verhouding bestaat. Met het trekken van een dergelijke vergelijking moet men echter voorzichtig zijn; ten eerste is het zeer goed mogelijk, dat het plioceen van de Sierra de Gata niet hetzelfde is als dat van den Hoyazo (dat van den Hoyazo is waarschijnlijk uit een lagere horizont); ten tweede is het mogelijk, dat de eruptieve werkzaamheid aan de Sierra de Gata niet is samengevallen met die van den Hoyazo.

Conclusie.

Uit het bovenstaande moge duidelijk zijn geworden, dat het niet onmogelijk is, dat de Hoyazo als een laccoliet beschouwd moet worden. Het is daarentegen ook mogelijk, dat de andesiet ouder is dan de plioceene kalkbedekking. Tegen geen der beide opvattingen konden zeer belangrijke bedenkingen aangevoerd worden.

Het is echter mogelijk, dat na eene nauwkeurige karteering van het terrein uit de nabijheid van den Hoyazo ²⁾, waarbij vooral op hellingen en strekkingen van het plioceen gelet moet worden, het probleem van den Hoyazo opgelost kan worden.

Uiterlijke vorm van den Hoyazo.

Omtrent den uiterlijken vorm van den Hoyazo en het ontstaan van de groote komvormige verdieping zijn de meeningen verschillend.

Volgens Donayre ³⁾ werd het sedimentdek bij de opheffing door den andesiet in het midden sterk gebroken en veranderd door de eruptiva, zoodat later de atmosferiliën eerst het plioceen en daarna den andesiet gemakkelijk konden verwijderen. Pellico en Maestre achten de kom ontstaan *por la naturaleza* (door de natuur), doch omschrijven niet nader hunne meening ⁴⁾. Osann laat in het midden of de inzinking door de erosie, dan wel door heete bronnen gevormd werd ⁵⁾.

M.i. is de merkwaardige komvormige depressie zonder moeite

¹⁾ A. Osann. 36. pag. 341-344.

²⁾ Een dergelijke karteering kan alleen geschieden, indien men over een uitstekende topografische kaart kan beschikken.

³⁾ F. M. Donayre. 10. pag. 403.

⁴⁾ R. Pellico y A. Maestre. 38.

⁵⁾ A. Osann. 35. pag. 698.

te verklaren door uitsluitend erosie aan te nemen. Naar alle waarschijnlijkheid is de plioceene sedimentbedekking niet veel dikker geweest dan 20 à 25 M., zoodat op de hoogste punten de andesiet korten tijd, nadat het plioceen door de jongste bergvormende beweging was opgeheven, door de erosie blootgelegd kon worden. De erodeerende werking kon bevorderd worden door spleten en scheuren in het plioceen op de plaatsen, waar de helling naar het zuiden overgaat in een horizontale ligging. Tegelijkertijd werden in de hellingen van den heuvel erosievoren gevormd, waarvan die aan de zuidzijde de grootste werden, daar zij het materiaal naar de laagste punten konden afvoeren. Bij de verdere erosie van den andesiet, die aanmerkelijk zachter is dan de kalk, werd het losse verweerde materiaal langs de diepste erosievoor in de zuidelijke helling naar de vlakte getransporteerd en, naarmate de komvormige depressie dieper werd, sneed zich de afvoergeul ook dieper in den rand in. Daar de kalk harder is dan den andesiet, is de helling van het plioceen aan de binnenzijde van de kom veel sterker dan die van den andesiet.

Indien een erosievoor den rand bereikte ontstond hierin eene depressie, zooals in het zuidwestelijk randgedeelte.

M.i. is het absoluut onnoodig warme bronnen aan te nemen om de vorming van de komvormige depressie te verklaren; alles wijst er integendeel op, dat slechts gewone erosie in het spel was.

HOOFDSTUK IV.

TEKTONIEK VAN DE SIERRA ALHAMILLA.

1. Inleiding.

Bij de bespreking van de stratigrafie werden de discordanties, welke tusschen de verschillende formaties van de Sierra Alhamilla zijn te onderscheiden, eenigszins uitvoerig besproken. Bovendien werd de aandacht gevestigd op de waargenomen hellingen en strekkingen, waaruit conclusies getrokken konden worden omtrent de intensiteit der orogenetische bewegingen en de richtingen, volgens welke deze hebben plaats gehad. In dit hoofdstuk zullen deze feiten nader worden verwerkt, waarbij getracht zal worden de verschillende bergvormende bewegingen, waaraan de Sierra Alhamilla onderworpen is geweest, zoo nauwkeurig mogelijk te preciseeren. Verder zal het tektonisch verband tusschen de Sierra Alhamilla en de Sierra de Gádor een belangrijk onderwerp van bespreking vormen, terwijl de betrekking tusschen de seismicitiet en de tektoniek nader zal worden toegelicht.

2. Perioden van bergvorming.

Men kan in de Sierra Alhamilla vier verschillende perioden van orogenese onderscheiden.

Oudste plooïing.

De kristallijne schisten zijn in de Sierra Alhamilla overal sterk geplooid en gestoord. Zoowel de hellingen als de strekkingen zijn zeer verschillend, zoodat de juiste richting van de oudste plooïing niet nauwkeurig is vast te stellen. Het schijnt echter, dat noordwest-zuidoost gerichte strekkingen der glimmerschisten in grooteren getale aanwezig zijn dan andere, zoodat het zeer wel mogelijk is, dat de oudste plooïingsassen volgens deze richting hebben geloopt. Deze richting zou dan overeenkomen met die van de hercynische plooïing, zooals deze wordt waargenomen in het zuiden van de Iberische Meseta ¹⁾. Het loont de moeite na te gaan, of de

¹⁾ R. Douvillé. II. pag. 138.

strekkings van de kristallijne schisten in de Sierra Nevada en in de Sierra de los Filabres overeenkomen met die van de Sierra Alhamilla. In de Sierra de los Filabres schijnt geen bepaalde strekking op den voorgrond te treden; in de Sierra Nevada overheerschen volgens Barrois en Offret oost-west en noordoost-zuidwest gerichte strekkingen ¹⁾, die dus niet overeenkomen met die van de Sierra Alhamilla. Het is echter niet zeker, dat het kristallijn van de Sierra Nevada vast gesteente is; velen nemen integendeel aan, dat het uit dekbladen is opgebouwd en van elders afkomstig is. ²⁾.

Of nu de oudste plooiing van de Sierra Alhamilla toch als hercynisch is aan te merken, kan moeilijk met zekerheid worden uitgemaakt. De oudste der aanwezige discordanties ligt tusschen het kristallijn en de onderste afdeeling van den trias. Zooals elders ³⁾ werd betoogd bestaat de mogelijkheid, dat een gedeelte van het kristallijn veranderd jong-palaeozoicum is, welke mogelijkheid ook voor een gedeelte van de onderste afdeeling van den trias werd verondersteld. Deze verandering zou dan door de jong-tertiaire bergvorming veroorzaakt zijn; daarentegen moet verreweg het grootste gedeelte van de glimmerschisten door een prae-triadische, zeer sterke, orogenetische beweging veranderd zijn geworden. In verband met de overeenkomst tusschen alle glimmerschisten acht ik het zeer goed mogelijk, dat zij ten deele ook uit oudere palaeozoische sedimenten zijn gevormd en dus hercynisch moeten zijn geplooid. Ik merk echter met nadruk op, dat deze overwegingen slechts gebaseerd zijn op enkele feiten en aan hen geen grooter waarde mag worden toegekend dan zij verdienen. Slechts dán is een welgedefinieerde conclusie gerechtvaardigd, wanneer deze berust op vele waarnemingen, die alle tot hetzelfde resultaat leiden.

Post-triadische, prae-eoceene plooiing.

Voor het bestaan van deze plooiing zijn de volgende, in het voorafgaande ten deele reeds vermelde, bewijzen aan te voeren:

1. Tusschen de flyschachtige gesteenten van het eoceen en de dolomieten en kalken van den trias is aan den noordrand van de Sierra Alhamilla soms eene discordantie aanwezig (zie pag. 20).
2. Het eoceen begint met een fijn-conglomeratisch gesteente, waarin fragmenten voorkomen van alle gesteenten van den

¹⁾ Ch. Barrois et A. Offret. 1. pag. 92.

²⁾ R. Douvillé. loc. cit. pag. 130.

³⁾ pag. 5 en 6.

trias. Dit wijst er op, dat in eoceenen tijd de trias, althans ten deele, boven zee lag, hetgeen door een prae-eoceene orogenetische beweging geschied kan zijn.

3. In het uiterste westelijke gedeelte van de Sierra Alhamilla zijn de strekkingen van den trias geheel verschillend met die van het omliggende ouder-tertiair, dat ten deele tot het eoceen behoort.

Deze strekkingen in den trias ¹⁾ zijn het best te bestudeeren in de diepe barranco's ten westen van de Baños, die tot een belangrijke diepte in de dolomieten en kalken zijn ingesneden en waarvan de laagste punten met zekerheid uit vast gesteente bestaan. Aan deze strekkingen is dan ook een veel grootere waarde te hechten dan aan die, welke op de toppen van de bergen worden waargenomen. Het is n.l. een gewoon verschijnsel, dat langs de betrekkelijk zeer steile hellingen dezer bergen groote gesteentemassa's van dolomieten en kalken naar de lager gelegen punten verplaatst worden, waardoor dan strekkingen en hellingen weinig betrouwbaar zijn.

In dit gedeelte van de Sierra Alhamilla zijn de bedoelde strekkingen in den trias ongeveer N.30° O. tot N.40° O. gericht ²⁾; zij blijven tot aan het einde van de barranco's, waar deze in het tertiair overgaan, vrijwel volgens dezelfde richting verlopen. ³⁾.

Deze strekkingen met een uitgesproken zuidwest-noordoostelijke algemeene richting komen in de Sierra Alhamilla alleen in het uiterste westen voor, elders zijn de strekkingen van den trias in het algemeen min of meer evenwijdig aan de algemeene richting van het gebergte. Het spreekt echter vanzelf, dat tengevolge van de sterke jong-tertiaire bergvormende beweging in het midden en oosten van de Sierra Alhamilla ook talrijke strekkingen in den trias voorkomen, die aanmerkelijk kunnen verschillen met de algemeene richting.

De strekkingen in het ouder-tertiair (c.q. eoceen), dat den trias in het westen omringt, loopen ongeveer evenwijdig met den begrenzingslijn tusschen deze beide formaties. Naar het oosten zijn

¹⁾. Wanneer van strekkingen in den trias gesproken wordt zijn bedoeld die van de dolomieten en kalken.

²⁾. In de barranco $\pm$ 2 KM. ten westen van de Baños mat ik o. a. de volgende strekkingen: N 55° O, N 30° O, N 25° O, N 20° O, N 45° O, N 35° O, N 50° O, enz.

³⁾. Zie kaart 1.

zij langs den noordrand echter ongeveer oost-west gericht en komen aldaar min of meer overeen met de strekkingen van den trias.

Jong-tertiaire, prae-plioceene plooiing.

In het voorafgaande werd reeds meermalen vermeld, dat het ouder-tertiair (eoceen, oligo-mioceen?) aan den noordrand van de Sierra Alhamilla sterk geplooid is. Langs den geheelen noordrand tot aan de Sierra Cabrera is het eoceen steil opgericht en meermalen zelfs iets naar het noorden omgekanteld. ¹⁾ Wanneer deze zeer intensieve plooiing heeft plaats gehad kan niet met volkomen nauwkeurigheid aangegeven worden, daar nóch de ouderdom van de jongste medegeplooiden lagen, nóch die van de oudste, discordant er op rustende afzettingen met juistheid bekend is. Naar alle waarschijnlijkheid zijn de jongste der geplooiden lagen reeds jong-tertiair (onder-mioceen?) en de anderen plioceen, zoodat de ouderdom van de plooiing vermoedelijk jong-tertiair is, en deze dus tijdens het midden- of boven-mioceen heeft plaats gehad. Het is waarschijnlijk, dat deze orogenetische periode dezelfde is als die, welke de dekbladen van de Subbetische ketens vormde ²⁾.

Bij deze sterke bergvormende beweging werden de triadische gesteenten, die in het midden en oosten van de Sierra Alhamilla bij de vorige plooiing niet sterk geplooid waren, belangrijk gedислоceerd, waarbij de kenteekenen van de post-triadische, prae-eoceene, plooiing grootendeels verdwenen. Het is toch minder waarschijnlijk, dat bij de laatstgenoemde beweging alleen het westen van de Sierra Alhamilla geplooid zou zijn geworden, en niet het overige gedeelte, hetgeen in overeenstemming zou zijn met het feit, dat de trias en het eoceen aan den noordrand bijna steeds concordant zijn. Deze concordantie kan echter het gevolg zijn van het samenpersen van de zachte gesteenten van de bovenste afdeeling van den trias tusschen de, reeds eerder, zwak geplooiden dolomieten en kalken eenerzijds en de ouder-tertiaire gesteenten anderzijds tijdens de jong-tertiaire bergvormende beweging. Hierdoor kon eene schijnbare concordantie ontstaan zijn tusschen den trias en het eoceen, alhoewel de triadische gesteenten door de post-triadische prae-eoceene plooiing eenigszins gedислоceerd waren.

¹⁾ Zie kaart 1 en de profielen.

²⁾ Deze dekbladen zijn tusschen het helvetien en tortonien gevormd. Zie o.a. L. Gentil. 19.

Aan den noordrand ligt het oudste eoceen, (fijn-conglomeratistische kalksteen) ten oosten van Turillas op een hoogte van 800 M.; aan den zuidrand wordt alleen de jongste afdeeling van het ouder-tertiair aangetroffen, welke aldaar mogelijk een hoogte van ± 350 M. bereikt. Mocht aan den zuidrand onder het plioceen nog de oudste afdeeling van het eoceen aanwezig zijn, dan zou deze op geen grootere hoogte dan ± 400 M. kunnen liggen. Hoe moet de aanmerkelijk hoogere ligging aan den noordrand verklaard worden?

Ik stel mij voor, dat in eoceenen tijd de tegenwoordige Sierra Alhamilla als een eiland boven de zee uitstak en zoowel aan de noord-, als aan de zuidkust eerst de fijn-conglomeratistische kalk en daarna de zandige schalies afgezet werden. Na de vorming van de oligo-mioceene (?) afzettingen werd door de sterke jong-tertiaire orogenese de noordelijke vleugel van de misschien reeds zwak gewelfde antikline steil opgericht, waarbij de as van de antiklinaal zich tijdens hare ontwikkeling in noordelijke richting kan hebben verplaatst. Bij deze beweging kon het eoceen aan den noordelijken vleugel hooger komen te liggen dan aan den zuidelijken. Dit verschijnsel zou dus te vergelijken zijn met de door Brouwer beschreven horizontale verplaatsing van antiklinaalassen bij eilanden in den Oost-Indischen archipel ¹⁾. Het verschil is echter, dat de aldaar opgeheven koraalriffen recent zijn en weinig door de erosie werden aangetast, terwijl daarentegen het eoceen (en de overige ouder-tertiaire afzettingen) van de Sierra Alhamilla gedurende langen tijd aan de erosie blootgesteld werden en men dus thans een andere topografie voor oogen heeft dan die, welke aan het einde van het mioceen bestond.

De juiste werking van de erosie in deze periode is niet met volkomen zekerheid vast te stellen; doch in ieder geval moet zij sterk aan den noordrand gewerkt hebben, zooals blijkt uit het fraaie discordantievlak tusschen het ouder-tertiair en de jongere afzettingen. Dat de erosie aan den zuidrand sterker gewerkt heeft dan aan den noordrand en daardoor het eoceen aldaar op een lager niveau gebracht heeft, is echter niet waarschijnlijk. Het eoceen aan den zuidrand toch is door plioceene sedimenten bedekt en dus sedert geruimen tijd voor de erosie gespaard gebleven, in tegenstelling met het eoceen van den noordrand, dat voortdurend aan de erodeerende werkingen blootgesteld was.

¹⁾ H. A. Brouwer. Over rifpantser. Versl. Kon. Acad. van Wet. Amsterdam. XXVII. 1918. pag. 781.

Het is dus wel aannemelijk, dat bij de jong-tertiaire plooiing het eoceen aan den noordvleugel op een hooger niveau gebracht werd dan aan den zuidvleugel, waarbij de as van de antikline in noordelijke richting verplaatst kan zijn ¹⁾.

De strekkingen van het eoceen en van de oligo-mioceene afzettingen zijn ongeveer van oost naar west gericht, zoodat de antiklinaal as van de jong-tertiaire plooiing ongeveer dezelfde richting had als de tegenwoordige.

Post-plioceene bewegingen.

Na de jong-mioceene(?) erosieperiode, waarin het ouder-tertiair tot een schiervlakte werd gelijk gemaakt, trad een daling van het terrein in en veroverde de zee terrein op het land. Hierbij werd het ouder-tertiair aan den zuidrand van de Sierra Alhamilla geheel door de zee bedekt ²⁾, terwijl aan den noordrand de kustlijn enkele KM. van het oudste eoceen verwijderd bleef. Tijdens en na de afzetting van de plioceene sedimenten waren de bergvormende bewegingen nog niet tot rust gekomen, zoodat het plioceen op vele plaatsen langs de randen van de Sierra Alhamilla uit de horizontale ligging gebracht werd. In de heuvels ten oosten van Nijar helt het ongeveer 15° — 20° naar het zuiden, en in de Loma de la Cumbre $\pm 10^{\circ}$ naar het noorden. Daarentegen ligt het plioceen vrijwel horizontaal in de Campo de Nijar en in de vlakte van Tabernas en Sorbas. Deze helling van het plioceen langs de randen moet dus het gevolg zijn geweest van een post-plioceene opheffing van de Sierra Alhamilla. Hiermede ging echter ook een algemeene opheffing van het terrein gepaard, welke minstens 600-700 M. bedragen moet hebben en die voor het ten noorden van de Sierra Alhamilla gelegen terrein misschien wat sterker geweest is dan voor den zuidrand. ³⁾.

De strekkingen van het plioceen zijn ongeveer van oost naar west gericht, zoodat de antiklinale as van de jongste beweging overeenkomt met die van de voorgaande.

Dat de orogenetische bewegingen nog tot den allerjongsten

¹⁾. Zie hieromtrent ook pag. 79.

²⁾. Ten westen van Polopos komt het plioceen op de glimmerschisten voor en moet dus de Sierra Alhamilla aldaar in plioceenen tijd door de zee bedekt geweest zijn.

³⁾. De vlakte van Tabernas is wat hooger gelegen dan de Campo de Nijar aan den zuidvoet van de Sierra Alhamilla.

tijd hebben voortgeduurd bewijzen de hellingen van de kwartaire fluviatiele conglomeraten ten zuidwesten van de Baños en uit de nabijheid van Gádor en Rioja. De sterk wisselende hellingen van deze conglomeraten wijzen op onregelmatige bewegingen in het terrein, gelegen tusschen de Sierra de Gádor en de Sierra Alhamilla.

Samenvatting.

In de Sierra Alhamilla zijn vier perioden van orogenese te onderscheiden:

1. een prae-triadische (hercynische?) plooiing.
2. een post-triadische, prae-eoceene plooiing.
3. een jong-tertiaire (midden-mioceene?) plooiing.
4. een post-plioceene beweging, gepaard gaande met eene algemeene terreinopheffing.

De post-plioceene beweging zal als een voortzetting van de jong-tertiaire plooiing beschouwd moeten worden, terwijl het zeer wel mogelijk is, dat de post-triadische prae-eoceene orogenese als een zwakkere, inleidende beweging van de sterkere jong-tertiaire moet worden opgevat.

Uit het voorgaande blijkt, dat de Sierra Alhamilla zeer sterk onderhevig geweest is aan orogenetische bewegingen. Er werd de aandacht op gevestigd, dat deze bewegingen nog tot in het kwartair hebben voortgeduurd en nog niet geheel tot rust zijn gekomen.

3. Het voorkomen van een buigpunt in de post-triadische, prae-eoceene antiklinale as.

Er werd reeds op gewezen, dat de strekkingen in de dolomieten en kalken van den trias in het midden en oosten van de Sierra Alhamilla in het algemeen van west naar oost verlopen, doch in het uiterste westen ongeveer van noordoost naar zuidwest gericht zijn. Dit wijst er op, dat de antiklinale assen van de posttriadische prae-eoceene plooiing een buiging naar het zuidwesten vertoonden en het ligt nu voor de hand een dergelijke ombuiging in het oosten van de Sierra de Gádor te veronderstellen, aangezien de Sierra de Gádor als de voortzetting van de Sierra Alhamilla naar het westen moet worden beschouwd.

In de diepe barranco's ten zuiden van Alhama mat ik de strekkingen op in de dolomieten en kalken van den trias, en deze



Plooi in de triaskalken en -dolomieten van de Sierra de Gádor, ongeveer 5 KM. ten zuidoosten van Alhama. Rechts op den achtergrond Alhama.

bleken inderdaad min of meer van zuidwest naar noordoost te verlopen. Ook daar werden alleen de strekkingen in het vaste gesteente opgenomen ¹⁾. Waar een plooï over een grooten afstand is te vervolgen komt de algemeene strekkingsrichting in het terrein fraai tot uitdrukking. Plaat 7 toont een dergelijke plooï op een afstand van ongeveer 5 KM. ten zuidwesten van Alhama; deze photographie is genomen in de richting van Alhama (dus naar het noordoosten) en ongeveer evenwijdig met de as van de plooï. Hieruit blijkt duidelijk, dat de strekkingsrichting aldaar ongeveer van zuidwest naar noordoost verloopt.

Dergelijke strekkingen in den trias vond ik ook tusschen Alhama en Enix, eveneens ten zuiden van het laatstgenoemde dorp.

Daarentegen zijn zij meer naar het westen, in de Sierra de Gádor ongeveer van oost naar west gericht, hetgeen ik nabij Dalias en Berja kon waarnemen

Het blijkt dat de antiklinale assen van de post-triadische, prae-tertiaire plooiing in het oosten van de Sierra de Gádor een buiging naar het noordoosten vertoonen. Tusschen de Sierra Alhamilla en de Sierra de Gádor is dus een buigpunt in de oudere antiklinale assen aanwezig. In fig. 2 (pag. 76) is schematisch aangegeven hoe de oudere antiklinale assen geloopt kunnen hebben en zijn tevens de tegenwoordige assen der antiklinen van de Sierra's de Gádor en Alhamilla geschetst.

4. De breuk tusschen de Sierra de Gádor en de Sierra Alhamilla.

Tusschen de Sierra Alhamilla en de Sierra de Gádor ligt een breede, bij Rioja ongeveer 100 M. boven zee gelegen, depressie waardoor de Rio de Almería (Andarax) stroomt. Deze depressie heeft haar ontstaan in hoofdzaak te danken aan een groote breuk, en niet aan een duiking van de antiklinale as. Wel is het mogelijk, dat de tegenwoordige antiklinale as op deze plaats eene depressie bezit, maar deze beïnvloedt in veel mindere mate dan de breuk de topografie tusschen de beide gebergten.

De volgende argumenten kunnen als steun voor deze opvatting worden aangevoerd:

¹⁾. Ik stelde o.a. de volgende strekkingen vast: N 35° O, N 60° O, N 50° O, N 25° O, N 45° O.

²⁾. De ouderdom van de plooiing kon in de Sierra de Gádor niet vastgesteld worden, daar het eoceen aldaar ontbreekt.

1. Zoowel de Sierra Alhamilla als de Sierra de Gádor bezitten een groote hoogte tot dichtbij de Rio de Almería. Ten noorden van de Baños is de eerste nog ongeveer 1300 M. hoog, terwijl de Sierra de Gádor ten zuiden van Benahadux een hoogte van ruim 1000 M. bereikt. Bij een depressie van de antiklinale as zouden dergelijke hoogten op deze plaatsen niet te verwachten

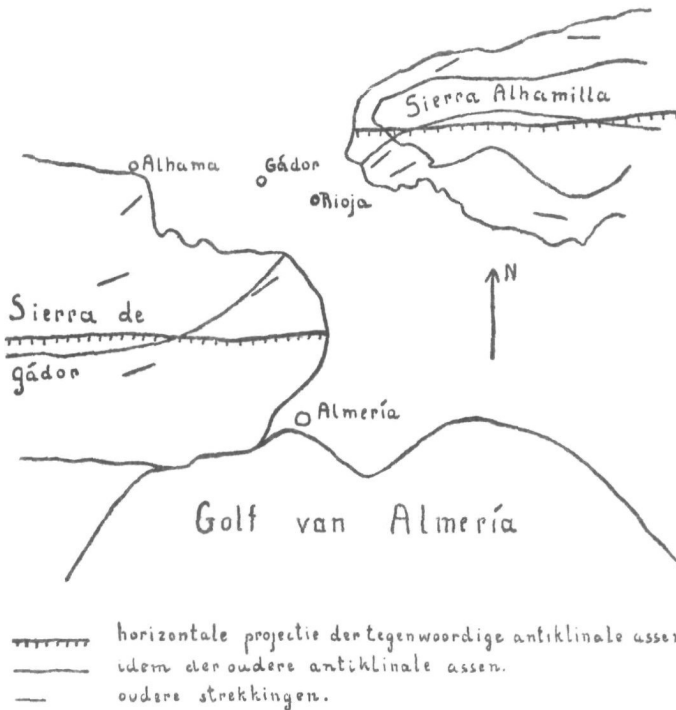


Fig. 2.

Schaal 1 : 400.000.

Het tektonisch verband tusschen de Sierra de Gádor en de Sierra Alhamilla.

zijn en zou veelmeer een geleidelijke afname van de hoogte naar de depressie moeten zijn waar te nemen.

2. De tegenwoordige antiklinale as van de Sierra Alhamilla ligt veel noordelijker dan die van de Sierra de Gádor, hetgeen er op wijst dat de Sierra Alhamilla ten opzichte van de Sierra de Gádor naar het noorden verplaatst is.

3. In het westen van de Sierra Alhamilla zijn noordelijk of noordoostelijk gerichte, soms vrij belangrijke verschuivingen, een

algemeen verschijnsel. Zij zijn op te vatten als begeleidende breuken van den hoofdbreuk, zooals de groote slenk van de Bovenrijnsche laagvlakte door talrijke kleinere verschuivingen wordt vergezeld. Bovendien is de Sierra Alhamilla in dit gedeelte sterk verbroken, hetgeen vooral in de omgeving van de Baños goed is waar te nemen.

4. In de onmiddellijke nabijheid van de depressie komen warme bronnen voor, in het westen van de Sierra Alhamilla bij de Baños en in het oosten van de Sierra de Gádor bij Alhama. Het zijn de eenige warme bronnen, die in deze gebergten aangetroffen worden.

De bron van de Baños ¹⁾ heeft een temperatuur van 57° C. ²⁾ en ontspringt op een hoogte van ± 500 M. Bij aannahme van een geothermische dieptemaat van 33 M. moet het water dus van een diepte van minstens 1400—1500 M. beneden zeeniveau afkomstig zijn, zoodat de toevoerende spleet zich minstens tot een dergelijke diepte moet voortzetten. 1?

Voor de bron van Alhama, die een temperatuur heeft van 46° C. ²⁾ en op een hoogte van 445 M. ontspringt, geeft een dergelijke berekening een diepte van 1000—1100 M.

Men kan aannemen, dat de geothermische dieptemaat normaal is, daar er geene verschijnselen bekend zijn, die eene vermindering ervan tengevolge zouden hebben.

Deze bronnen moeten dus met zeer diepe breuken in verband staan en het is begrijpelijk, dat zij alleen bij de depressie voorkomen. M.i. is dit alleen te verklaren bij aannahme van een zeer diepgaande breuk tusschen de beide gebergten.

5. De depressie tusschen de Sierra de Gádor en de Sierra Alhamilla is vermoedelijk een centrum van seismiciteit, zoodat thans in de diepte aldaar nog bewegingen moeten plaats vinden ³⁾. Ook dit wijst op een breuk tusschen de beide gebergten.

In het bovenstaande is voldoende aangetoond, dat er een groote breuk aanwezig is tusschen de Sierra de Gádor en de Sierra Alhamilla. Naar alle waarschijnlijkheid is de Sierra Alhamilla hierlangs in noordelijke richting verplaatst.

¹⁾. Door de aanwezigheid van deze warme bron verkreeg het gebergte den naam van Sierra Alhamilla. Alhamilla is n.l. een verkleinwoord van Alhama, dat afkomstig is van het arabische El Hamman (= warme baden).

²⁾. R. Sánchez Lozano. 42.

³⁾. Zie pag. 87 e.v.

Barrois en Offret ¹⁾ nemen in Andalusië drie groote transversale verschuivingen aan op grond van hunne waarneming, dat de kristallijne kernen van in elkaars verlengde gelegen ketens niet in dezelfde lijn gelegen zijn, doch ten opzichte van elkaar wat verspringen. Deze verschuivingen zijn ongeveer N. 120° O. gericht en de meest oostelijke loopt volgens hen van Guadix naar den Cabo de Gata. Langs deze laatste verschuiving is, ten zuidoosten van Guadix, de Sierra de los Filabres ten opzichte van de Sierra Nevada naar het noorden verschoven. Ten zuiden hiervan loopt de verschuiving tusschen de Sierra de Gádor en de Sierra Alhamilla door en is aldaar dus identiek met de hierboven beschreven breuk.

Indien men zich de breuk tusschen de Sierra de Gádor en de Sierra Alhamilla gericht denkt, zooals door Barrois en Offret verondersteld wordt, zal men zich deze moeilijk anders dan gapend kunnen voorstellen. Wanneer hij echter ongeveer van noord naar zuid gericht is, behoeft een gaping niet aanwezig te zijn. Hoewel het waarschijnlijk is, dat de breuk over den Cabo de Gata loopt, is het zeer wel mogelijk, dat hij tusschen de Sierra Alhamilla en de Sierra de Gádor ongeveer van noord naar zuid gericht is. Zonder meer is het niet mogelijk vast te stellen of de breuk al dan niet gapend is.

Wanneer de breuk gevormd werd is lastig uit te maken. Barrois en Offret nemen aan, dat dit na den trias gebeurd moet zijn, doch geven hierover geen nadere aanduiding ²⁾. Het voorkomen van ouder-tertiaire sedimenten in de depressie is nog geen bewijs, dat de breuk als zoodanig reeds vóór de jong-tertiaire bergvormende beweging bestond; dit kan evenzeer verklaard worden door een depressie van de antikline op de plaats van de tegenwoordige breuk aan te nemen. De antiklinale assen van de jong-tertiaire plooiing vertoonen geen ombuigingen in het westen van de Sierra Alhamilla, hetgeen er op wijst, dat de breuk dus vóór of tijdens deze bergvormende periode ontstaan is. Ik acht het waarschijnlijk, dat ten tijde van de zwakke bewegingen, die aan de sterke jong-tertiaire orogenese voorafgegaan zullen zijn, de breuk zich begon te vormen op de plaats, waar de oudere antiklinale assen een buigpunt vertoonden en waar misschien een depressie

¹⁾ Ch. Barrois et A. Offret. 1. pag. 118.

²⁾ Ch. Barrois et A. Offret. 1. pag. 118.

aanwezig was. Bij de latere sterke bewegingen werd de breuk meer geaccentueerd, terwijl de Sierra Alhamilla hierlangs naar het noorden werd verplaatst. Waarschijnlijk hadden tijdens de post-plioceene bewegingen en terreinopheffingen nog belangrijke vertikale verplaatsingen langs de breuk plaats, waardoor van een eventueel vroeger aanwezige depressie thans niets meer te zien is.

Uit het bovenstaande kan de conclusie worden getrokken, dat het buigpunt in de oudere antiklinale as samenvalt met de jongere breuk.

Alvorens eene verklaring van deze coïncidentie te geven moge de aandacht gevestigd worden op enkele analoge verschijnselen, zooals deze door Brouwer uit den Oost-Indischen Archipel beschreven worden.

5. Analoge verschijnselen.

Op Timor en Roti zijn de tertiaire (mioceene) strekkingen ongeveer evenwijdig aan de lengterichting der eilanden en dus ongeveer van noordoost naar zuidwest gericht. In de nabijheid van de, tusschen deze eilanden gelegen, zeestraat verlopen zij echter ongeveer in noord-zuidelijke richting, zoodat dus de antiklinale as van de mioceene plooiing op deze plaats een buigpunt vertoont. Dergelijke buigpunten zijn eveneens aanwezig tusschen Timor en Letti en tusschen Ceram en Boeroe, waarbij dan steeds zeestraten met de buigpunten samenvallen. ¹⁾ Deze straten zijn veelal zeer diep (de Manipa-straat tusschen Boeroe en Ceram bereikt een grootste diepte van 4226 M.) ²⁾ en danken hun ontstaan, althans ten deele, aan transversale gapende breuken en niet alleen aan een plaatselijke depressie van de antiklinale as. Zij werden gevormd ná het buigpunt, zoodat oudere buigpunten met jongere breuken samenvallen. ³⁾

Volgens Brouwer bestaat er een verband tusschen de vorming der buigpunten en der breuken, welk verband duidelijk wordt, indien gelet wordt op de horizontale verplaatsingen, die antiklinen kunnen ondergaan en wanneer tektonische dieptezones der beweging worden aangenomen. De vorming van een buigpunt in een bepaalde tektonische dieptezone is het gevolg van verschillende bewegingssnelheden ter weerszijden van het te vormen buigpunt. Vermoedelijk zal het

¹⁾ H. A. Brouwer. 6. pag. 573-575.

²⁾ G. A. F. Molengraaff. 29. pag. 290.

³⁾ H. A. Brouwer. 6. pag. 576.

buigpunt op een diepte gevormd moeten zijn, waar de gesteenten onder hooger druk eenigszins plastisch deformeerbaar waren. Aan de oppervlakte zullen echter horizontale bewegingen, die ter weerszijden van een bepaald punt verschillend in snelheid zijn, aldaar een transversale breuk veroorzaken, welke gapend kan worden indien deze bewegingen componenten loodrecht op het breukvlak bezitten. Wordt nu een antikline met een buigpunt door de vertikale componenten der beweging in hooger gelegen tektonische dieptezones in de nabijheid der aardoppervlakte gebracht, dan kan tengevolge van verschillende horizontale bewegingssnelheden ter weerszijden van het buigpunt aldaar een breuk ontstaan. ¹⁾

De vorming van een jongere breuk op de plaats van een ouder buigpunt is dus, volgens bovenstaande opvatting, een latere phase van het proces, waardoor ook het buigpunt gevormd werd.

6. Verklaring van de vorming van het buigpunt en van de breuk tusschen de Sierra de Gádor en de Sierra Alhamilla.

Voor de vorming van het buigpunt en van de breuk tusschen de Sierra de Gádor en de Sierra Alhamilla kan eene verklaring in den geest van de bovengenoemde gegeven worden, waarbij dan op de volgende feiten gelet dient te worden:

1. Het buigpunt is ná den trias en vóór het eoceen gevormd.
2. De antiklinale as van de jong-tertiaire plooiing is in het westen van de Sierra Alhamilla niet gebogen en bezit, althans aan de oppervlakte, geen buigpunt.
3. De breuk werd in hoofdzaak gevormd tijdens de jong-tertiaire orogenetische beweging. Zij kan echter vóór dien tijd reeds aanwezig geweest zijn en daarna nog sterker ontwikkeld zijn.
4. De tegenwoordige assen van de Sierra de Gádor en de Sierra Alhamilla zijn ten opzichte van elkaar verschoven.

De vorming van het buigpunt en van de breuk kan nu geschied zijn op de wijze, zooals thans zal worden uiteengezet.

Ná den trias en vóór het eoceen begon eene periode van orogenetische werkzaamheid, welke na dien tijd steeds met meerdere of mindere intensiteit heeft voortgeduurd. Vóór het eoceen

¹⁾ H. A. Brouwer. 7. pag. 183.

werden op grootere diepte niet alleen vertikale, doch ook horizontale bewegingen uitgevoerd, waarbij de horizontale ontbondenen der bewegingssnelheden in grootte en in richting belangrijk van elkaar konden gaan verschillen, zoodat een buigpunt kon worden gevormd. Er is reeds op gewezen, dat dit geschied moet zijn in een zone, waar de gesteenten onder groteren druk in zekere mate plastisch waren. Daar nu het buigpunt in de triadische gesteenten voorkomt, zal dus ten tijde van de vorming van het buigpunt de afdeeling van de kalken en dolomieten naar alle waarschijnlijkheid door een sedimentpakket bedekt geweest zijn. Of de bovenste afdeeling van den trias dik genoeg geweest is, om de gesteenten van de middelste afdeeling eenigszins plastisch te maken, is niet te zeggen. Ook bestaat de mogelijkheid, dat op den trias nog jurassische en, al of niet, cretaceïsche afzettingen aanwezig zijn geweest. Deze laatste mogelijkheid is ook bij de bestudeering van de stratigrafie naar voren gebracht ¹⁾.

Waarschijnlijk is het buigpunt dus op eenigen afstand beneden de oppervlakte gevormd. Daar de bewegingen, waardoor het aan de oppervlakte gebracht werd, ook in horizontalen zin gewerkt zullen hebben, is het mogelijk, dat de plaats waar het gevormd werd, niet vertikaal gelegen is beneden de tegenwoordige.

Wat er aan de oppervlakte gebeurde, terwijl op grootere diepte het buigpunt gevormd werd, is thans niet meer na te gaan; het is echter waarschijnlijk, dat aldaar breukvorming optrad op dezelfde wijze als thans is waar te nemen.

Wat den juiste ouderdom van de post-triadische, praeeoceene plooiing betreft, kan alleen worden vastgesteld, dat deze plooiing waarschijnlijk vóór het einde van het krijt moet hebben plaats gehad. Men moet dit wel aannemen, om het voorkomen van gesteentefragmenten uit de onderste afdeeling van den trias in het oudste eoceen langs den geheelen noordrand van de Sierra Alhamilla gereedelijk te kunnen verklaren, terwijl men ook eene erosieperiode vóór het eoceen zal moeten aannemen, indien men de vroegere aanwezigheid van jurassische (c.q. cretaceïsche) sedimenten op den trias veronderstelt.

Deze orogenetische beweging vóór de eigenlijke (jong-tertiaire) hoofdplooiing behoeft geen verwondering te wekken, daar dergelijke bewegingen ook uit de Alpen bekend zijn. Argand heeft aan-

¹⁾. Zie pag. 14.

getoond, dat de bewegingen, die de dekbladen der Alpen vormden, reeds tijdens de jura begonnen waren, in het krijt veel sterker werden en hun hoogtepunt in het tertiair bereikten. Het is nu waarschijnlijk, dat dergelijke prae-tertiaire bewegingen ook in het zuidoostelijk gedeelte van het Iberisch schiereiland zijn voorgekomen, hoewel hieromtrent verdere gegevens ontbreken. De post-triadische, prae-tertiaire plooiing van de Sierra Alhamilla is echter eene aanwijzing, dat analoge bewegingen, zooals voor de Alpen door Argand zijn aangetoond, ook in het westelijk gedeelte van de Tethys zijn voorgekomen.

Dat op deze orogenetische beweging een erosieperiode gevolgd moet zijn, werd reeds betoogd. In deze periode zal het buigpunt vermoedelijk ook blootgelegd zijn. Daarna werden langs de randen van het, boven zee opgeheven, gebergte de eoceene sedimenten afgezet en later de oligo-mioceene zandsteen en conglomeraten. De aanwezigheid van fragmenten uit het kristallijn in de sterk opgerichte conglomeraten ten zuiden van de Loma de la Cumbre ¹⁾ bewijst, dat ook het kristallijn van de Sierra Alhamilla ontbloomt was, toen deze conglomeraten gevormd werden, d. i. dus tijdens het oligoceen en (?) onder-mioceen. Het is zeer wel mogelijk, dat dit het gevolg is geweest van een sterkere opheffing van de Sierra Alhamilla (of van een gedeelte ervan) tijdens en na het eoceen, hetgeen er op wijst dat er toen geen volkomen stilstand van de orogenese was.

In de Sierra de Gádor is de trias vrijwel overal als een aangesloten sedimentdek aanwezig; de opheffing zal hier dus vóór en vooral ná het eoceen veel geringer geweest zijn dan bij de Sierra Alhamilla. In verband met het voorgaande is het dus niet onwaarschijnlijk, dat de antiklinale as van de Sierra Alhamilla ná de opheffing, die op de post-triadische prae-eoceene bergvorming volgde, in het westen een duiking vertoonde en misschien eene depressie bezat tusschen de beide gebergten. Dit zal zeer zeker het geval geweest moeten zijn tijdens het eoceen en oligoceen (en een gedeelte van het mioceen?), daar de sedimenten van deze perioden rondom de westzijde van de Sierra Alhamilla voorkomen. Daarvóór zal echter de verbinding van de beide gebergten boven zee geweest

¹⁾ Ofschoon er enkele rolstukken van deze conglomeraten zeker niet van de Sierra Alhamilla afkomstig zijn (zie pag. 19) mag uit den geringen afstand tot dit gebergte wel de conclusie getrokken worden, dat het grootste gedeelte van de rolsteen (glimmerschisten) wel hiertoe heeft behoord.

zijn, zoodat de trias door de erosie ontbloot kon worden, en reeds vóór en tijdens het eoceen het buigpunt aan of nabij de oppervlakte werd gebracht. Het buigpunt kwam daarbij dus in een zone, waar breukvorming kon optreden, indien daarvoor aanleiding bestond. Er werd reeds verondersteld, dat tijdens en na het eoceen de Sierra Alhamilla belangrijk werd opgeheven, zoodat het mogelijk is, dat bij het buigpunt, ten gevolge van verschillende bewegings-snelheden aan weerskanten daarvan, reeds een breuk ter plaatse van de depressie gevormd werd.

Tijdens het jong-tertiair had eene sterke opleving van de orogenetische bewegingen plaats, tengevolge waarvan de Sierra Alhamilla over de geheele lengte geplooid werd. Naar alle waarschijnlijkheid werden in het midden en oosten de kenteekenen van de vorige, minder sterke, plooiing uitgewischt, terwijl in het westen de oudere strekkingen bewaard bleven. De antiklinale as van de jongere plooiing vertoonde in het westen van de Sierra Alhamilla geen buiging. Het is niet na te gaan hoe de antiklinale as in de Sierra de Gádor verliep en of er een asduiking aanwezig was, evenmin of er elders een buigpunt bestond. Het ligt echter voor de hand aan te nemen, dat de groote breuk in hoofdzaak tijdens de jong-tertiaire plooiing gevormd werd (en voor dien tijd misschien reeds bestond) en dat dus toen de verbinding tusschen de Sierra Alhamilla en de Sierra de Gádor verbroken werd (of dit reeds was).

Deze breukvorming was het gevolg van horizontale en vertikale bewegingen van verschillende snelheid aan de oppervlakte ter weerszijden van het vroegere buigpunt. Tengevolge van de horizontale componenten der beweging kon de Sierra Alhamilla ten opzichte van de Sierra de Gádor naar het noorden verplaatst worden, waarbij, indien er een component loodrecht op het breukvlak aanwezig was, de breuk min of meer gapend kon worden.

De bewegingen aan de oppervlakte staan in oorzakelijk verband met de veranderingen op grootere diepte, waar mogelijkerwijze door verschillende bewegingssnelheden een buigpunt gevormd kan zijn. Hierbij zou dan de vorming van een buigpunt op grootere diepte corresponderen met de vorming van een transversale breuk aan de oppervlakte.

Na de jong-tertiaire orogenetische beweging, waarbij ook het terrein ten noorden en ten zuiden van de Sierra Alhamilla boven zee gebracht werd, werkte de erosie krachtig tot aan het plioceen, terwijl gedurende deze periode de jong-tertiaire bewegingen nog

nagewerkt kunnen hebben. De Sierra de Gádor was in dezen tijd vermoedelijk weinig, of in het geheel niet, boven zee verheven.

Tijdens het plioceen veroverde de zee wederom terrein op het land en drong tot aan den zuidvoet van de Sierra Alhamilla door; in het noorden bleef echter de toenmalige kust enkele KM. van het gebergte verwijderd.

Na het plioceen had eene algemeene terreinopheffing plaats, welke vooral voor de Sierra de Gádor belangrijk was; het plioceen wordt aldaar tot een hoogte van ± 1600 M. aangetroffen. ¹⁾ Voor de Sierra Alhamilla is deze opheffing veel minder sterk geweest ²⁾, zoodat het waarschijnlijk is, dat ná het plioceen belangrijke dislocaties langs de breuk hebben plaats gehad. Dat deze dislocaties tot den allerjongsten tijd hebben voortgeduurd, bewijzen de hellingen (tot 15° — 20°), die de jonge fluviatiele conglomeraten ten zuidwesten van de Baños en uit de nabijheid van Gádor en Rioja vertoonen. De zeer uiteenlopende strekkingen dezer conglomeraten wijzen er bovendien op, dat deze dislocaties in de nabijheid van de breuk zeer gecompliceerd zijn geweest.

De tegenwoordige antiklinale assen van de beide gebergten liggen niet in elkaars verlengde, die van de Sierra Alhamilla is ten opzichte van die van de Sierra de Gádor naar het noorden verplaatst. Aan de oppervlakte geven zij aan, wat er op grotere diepte kan gebeuren. Daar heeft thans nog beweging plaats en worden wellicht plooien met buigpunten gevormd, terwijl aan de oppervlakte, als gevolg van deze bewegingen op grotere diepte, nog geen volkomen rust heerscht. Thans hebben nog verschuivingen langs de groote breuk plaats en een enkele sterke aardbeving herinnert er aan, dat in de diepte nog dislocaties optreden.

In het bovenstaande is nu aangetoond, dat de vorming van het oudere buigpunt en van de jongere breuk tot dezelfde oorzaken terug te brengen zijn.

7. Andere breuken in de Sierra Alhamilla.

Er is reeds gewezen op het bestaan van breuken en verschuivingen in het westelijk gedeelte van de Sierra Alhamilla, welke in verband werden gebracht met de breuk tusschen dit gebergte

¹⁾ J. Gonzalo y Tarín. 24. pag. 106.

²⁾ Zie pag. 73.

en de Sierra de Gádor. Andere breuken en verschuivingen, die niet in verband staan met deze groote breuk, zijn in de Sierra Alhamilla niet zeldzaam. Hiertoe moeten o.a. beschouwd worden vele diepe barranco's, waarvan de vorming moeilijk alleen door erosie is te verklaren. Dit geldt in het bijzonder voor de barranco's, die de geheele Sierra Alhamilla van den noord- tot den zuidrand doorsnijden, n.l. de z.g.n. Rambla de los Peralejos en de Barranco de Gafarillo. ¹⁾

De eerste is ongeveer WNW.—OZO. gericht, en begint bij Lucainena. Hij doorsnijdt den noordrand bij de cortijo del Saltador en den zuidrand ten zuidwesten van Polopos en bereikt bij Carboneras de Middellandsche zee. Bij de doorsnijding in den noordrand is de trias plaatselijk afwezig; ten westen van de doorsnijding in den zuidrand ontbreekt de trias over een grooten afstand, doch wordt aan de oostzijde wel aangetroffen ¹⁾. Het is dus wel waarschijnlijk, dat langs deze lijn eene beweging heeft plaats gehad. Of deze beweging in hoofdzaak een horizontale, dan wel een vertikale was, is zonder meer niet uit te maken.

De diepe, van noord naar zuid gerichte, Barranco de Gafarillo scheidt de Sierra Alhamilla van de Sierra Cabrera. Aan den zuidrand is hier de trias ten westen van de doorsnijding ten opzichte van die aan de oostzijde naar het noorden verplaatst. Aldaar schijnen dus horizontale bewegingen te hebben plaats gehad.

Er zijn echter ook breuken en verschuivingen, die de Sierra Alhamilla niet over de geheele breedte doorsnijden. Hiervan is de breuk tusschen Nijar en Huebro wel een van de belangrijkste. Het bestaan ervan blijkt in de omgeving van Nijar uit de uitgestrektheid van den trias ten zuidwesten van het dorp, terwijl hij ten oosten ervan veel minder zuidelijk voorkomt.

Wanneer deze breuken en verschuivingen gevormd zijn is niet met zekerheid te zeggen. Het is niet onwaarschijnlijk, dat zij in verband gebracht moeten worden met de jong-tertiaire bewegingen en aldus te vergelijken zijn met de horizontale transversaalverschuivingen in de Jura, zooals deze door Heim worden beschreven ²⁾.

Zij zouden dan tijdens de laatste phase van deze bergvormende periode ontstaan zijn. ³⁾

¹⁾. Zie kaart 1.

²⁾. A. Heim. 26. pag. 613—626.

³⁾. A. Heim. 26. pag. 621.

8. Verband tusschen de bergvormende bewegingen en de eruptieve werkzaamheid.

De tijd, waarin de eruptieve werkzaamheid aan den zuidrand van de Sierra Alhamilla heeft plaats gehad, kon niet met nauwkeurigheid vastgesteld worden. Indien de andesiet vóór het plioceen is uitgevloeid, zal dit naar alle waarschijnlijkheid geschied zijn ná de jong-tertiaire bergvormende periode en vermoedelijk op de reeds gedenudeerde tertiaire sedimenten. Ook wanneer de uitvloeijing ná het plioceen is geschied, zal er een verband met de bergvormende bewegingen moeten bestaan. Het is zeer wel mogelijk, dat er een verband bestaat tusschen de vorming van het eruptieflichaam van den Hoyazo en van het ten oosten daarvan gelegen andesietvoorkomen. Men zou dan kunnen veronderstellen, dat beide lichamen gelegen zijn op een longitudinale breuk, welke tijdens of ná de jong-tertiaire bergvorming ontstaan is. Zoolang de detailtektoniek van de omgeving der eruptiva niet nauwkeurig bekend is, kan een meer positieve uitspraak echter niet gegeven worden.

De erupties van den Cabo de Gata zijn volgens Osann voor het grootste gedeelte van prae-plioceenen ouderdom. ¹⁾ Een nauwkeurigere bepaling is niet mogelijk, daar de ouderdom alleen ten opzichte van het plioceen kan worden vastgesteld. De uitvloeijingen aldaar staan vermoedelijk in verband met van zuidwest naar noordoost gerichte breuken, die waarschijnlijk ten gevolge van de jong-tertiaire bewegingen zijn ontstaan.

Na het plioceen had eene opheffing van het terrein plaats, waarbij de eruptiva langs zuidwest-noordoost gerichte breuken als twee evenwijdige ruggen boven het plioceene terrein werden gebracht: de Sierra de Gata en de Serrata de Nijar. Deze opheffing heeft voor den eerstgenoemden rug tot ± 500 M. bedragen; de zeer steile kust is zonder twijfel hierdoor gevormd. Naar alle waarschijnlijkheid hebben deze bewegingen in dezelfde periode plaats gehad als de post-plioceene rijzing van de Sierra Alhamilla.

Opmerkelijk is wel het verschil in strekking tusschen deze beide bewegingen. Om hiervoor een verklaring te geven is echter eene bijzondere bestudeering van deze jonge bewegingen, ook in de aangrenzende kustgebieden, noodzakelijk. Hierbij zou misschien

¹⁾ A. Osann. 36. pag. 334.

blijken, dat de rijzende bewegingen aan de kust, volgens een ongeveer van zuidwest naar noordoost verloopende richting, wat jonger zijn dan de opheffing van de Sierra Alhamilla. Deze opheffing van de kust is misschien ook de oorzaak, dat de Sierra Cabrera scheef door de tegenwoordige kustlijn wordt afgesneden.

Het plotselinge afbreken van de Sierra de Gata aan de golf van Almería staat misschien in verband met de groote breuk tusschen de Sierra Alhamilla en de Sierra de Gádor; zonder eene grootere kennis van dit terrein is het niet mogelijk dit verband nader aan te geven.

9. Seismologische verschijnselen. ¹⁾.

Eene afzonderlijke behandeling van de seismiciteit van de omgeving van Almería wordt gemotiveerd door het bijzonder belang hiervan voor de tektoniek. In het kort werd reeds gewezen op het verband, dat bestaat tusschen de breuk tusschen de Sierra Alhamilla en de Sierra de Gádor en de seismiciteit, en dat de seismologische verschijnselen aantoonen, dat er thans nog bewegingen langs de breuk plaats hebben. Nu zal worden nagegaan, welke deze verschijnselen zijn en ook in hoeverre deze voor de beoordeeling van de breuk van waarde zijn.

Een der belangrijkste resultaten van de bestudeering der groote Andalusische aardbeving van den 25^{en} December 1884 door de Fransche „Mission d'Andalousie" is geweest, dat kon worden vastgesteld, dat het epicentrum van deze aardbeving gelegen was op een groote verschuiving, welke in een richting N. 120° O. de Betische ketens doorsnijdt en bij Motril de kust van de Middellandsche zee bereikt. Barrois en Offret zeggen omtrent het verband tusschen de seismologische verschijnselen in Andalusië en de drie groote breuken van Motril, Málaga en Guadix het volgende:

„Nous sommes ainsi amenés naturellement à regarder les failles transversales de Málaga, Motril, Guadix comme les lignes prédestinées, suivant lesquelles seront surtout appelées à se manifester

¹⁾ Zie voor algemeene gegevens omtrent de seismiciteit van de provincie Almería: F. de Montessus de Ballore. 31 en 32; T. Terramelli e G. Mercalli. 44.

au dehors dans la région bétique les modifications d'équilibre ou les actions des forces souterraines" ¹⁾).

De gegevens van het seismologisch station van Almería zouden van zeer veel belang zijn voor de bestudeering van de tektonische lijnen van de omgeving, indien zij nader waren verwerkt en de epicentra der locale en dichtbij gelegen aardbevingen waren bepaald. Thans kan alleen beschikt worden over de registreeringen van dit station, welke mij door den directeur van den Spaanschen seismologischen dienst, den Exo. Sr. Torallas Tondo te Madrid, met groote vriendelijkheid ter beschikking werden gesteld.

Het station werd in 1912 in werking gesteld, zoodat het verzamelde materiaal nog niet uitgebreid is. De bestudeering ervan leert het volgende:

Van het totale aantal der geregistreerde aardbevingen is een betrekkelijk groot gedeelte zeer dichtbij gelegen of lokaal. Van de in 1918 door dit station opgeteekende 54 aardschokken waren er 6 lokaal; van 2 was het epicentrum dichtbij gelegen, van één op een afstand van 50 KM. en van twee op een afstand van ongeveer 100 KM.

In het algemeen zijn de locale en dichtbij gelegen aardbevingen zwak; een enkele maal echter komen er sterkere voor; o.a. hadden van die in 1918 twee de sterkte 4, en één zelfs de sterkte 5 van de schaal van Mercalli.

Als dichtbij gelegen aardbevingen worden die met een epicentralen afstand van 7—30 KM. beschouwd. Deze en de locale aardbevingen wijzen op dislocaties in de nabijheid van Almería en het is plausibel, dat deze hebben plaats gehad tusschen de Sierra de Gádor en de Sierra Alhamilla.

Het seismologisch observatorium van Granada registreert soms evenwichtsverstoringen uit de omgeving van Guadix, o. a. op den 21 Februari 1917 met een sterkte 4 (schaal Forel-Mercalli) ²⁾. Deze evenwichtsverstoringen zijn in verband te brengen met die uit de nabijheid van Almería en dan blijkt het, dat deze gelegen zijn op een lijn, die volkomen overeenkomt met de breuk van Barrois en Offret over Guadix en den Cabo de Gata.

In de literatuur vindt men vele aardbevingen vermeld, die

¹⁾ Ch. Barrois et A. Offret. 1. pag. 119.

²⁾ Zie M. M. S. Navarro-Neumann. Enumeración de los terremotos sentidos en España durante el año de 1917. Extracto del Bol. de la Real Soc. esp de Hist. natur. XIX. pag. 222—229. 1919.

Almería en omstreken in vroegere tijden geteisterd hebben. ¹⁾ Men moet evenwel zeer voorzichtig zijn met het trekken van conclusies omtrent de epicentra dezer aardbevingen. Deze gegevens, hoe interessant zij overigens mogen zijn, zijn voor de beoordeeling van de bewegingen langs de breuk ten westen van de Sierra Alhamilla in het algemeen vrijwel waardeloos. Wanneer echter de beschrijvingen gewag maken van sterke aardbevingen te Almería, terwijl deze niet op andere plaatsen zijn waargenomen, is het waarschijnlijk, dat de epicentra dichtbij Almería waren gelegen. De navolgende aardbevingen zijn hiertoe te rekenen:

1. 22 Sept. 1522. Volgens Navarro-Neumann was deze aardbeving vernietigend voor Almería (sterkte 10, schaal Forel-Mercalli). De rivier van Almería werd plotseling geheel droog en vanaf een bergtop kwam een nieuwe stroom te voorschijn ²⁾. In Milne's „A Catalogue of destructive earthquakes" wordt geen melding van deze aardbeving gemaakt, hoewel het een der sterkste is die ooit in Spanje gevoeld zijn.

2. 1533 (juiste datum onbekend). Een sterke aardbeving, die volgens Navarro-Neumann de oorzaak was van het verdwijnen van de warme bron van Alhama, zoodat deze plaats door de bewoners verlaten werd. Tengevolge van een andere aardbeving begon de bron in 1556 weer te vloeien ²⁾.

3. De sterke aardbevingen, die in Almería gevoeld zijn in de perioden van 1558/59 tot 1568 en van 1803 tot 1804.

Ook te Guadix zijn vroeger meerdere malen aardschokken gevoeld, o.a. in November 1778 en in den laatsten tijd o.a. nog in 1910.

Het blijkt dus, dat ook in vroegere tijden sterke macroseismische bewegingen zijn opgetreden in de omgeving van Almería. Ook zij wijzen, in zekeren zin, op bewegingen, die langs een breuklijn, over Guadix en de depressie tusschen de Sierra de Gádor en de Sierra Alhamilla verloopend, hebben plaats gehad.

Het is te betreuren, dat de epicentra der tegenwoordige even-

¹⁾ Zie o.a.:

M. M. S. Navarro-Neumann. 33.

J. G. Ramírez. Bosquejo geológico histórico de la actual provincia de Almería. pag. 61—67. 1917.

T. Terramelli e G. Mercalli. 44.

²⁾ M. M. S. Navarro-Neumann. 33. pag. 19.

wichtsverstoringen niet met juistheid bekend zijn en hiermede het verloop van de breuk ten zuiden van de Sierra Alhamilla over den Cabo de Gata kan worden aangetoond. Evenmin blijkt dit verloop uit de zeediepten in de golf van Almería, welke nabij den Cabo de Gato niet belangrijk grooter zijn dan op andere plaatsen. Het is echter waarschijnlijk, dat een, eventueel door de breuk veroorzaakt, dieper gedeelte in de golf van Almería door de sterke sedimentatie thans wel weer zou verdwenen zijn.

HOOFDSTUK V.

OVERZICHT VAN DE TEKTONIEK VAN ZUID-SPANJE.

1. Inleiding.

In het vorige hoofdstuk werd de tektoniek van de Sierra Alhamilla en van zijn directe omgeving uitvoerig uiteengezet. Thans zal in het kort de algemeene tektoniek van het zuiden van Spanje en de aangrenzende gebieden (Noord-Afrika, Balearen en Pituysen) worden behandeld, voor zooverre de kennis hiervan van belang kan worden geacht voor het begrip van de tektoniek van de Sierra Alhamilla.

De Sierra Alhamilla behoort tot de z.g.n. Betische ketens en vormt met de Sierra de Gádor de zuidelijkste rug hiervan in de provincie Almería. De Betische ketens strekken zich langs de zuidkust van Spanje uit en zijn voor het grootste gedeelte uit kristallijne gesteenten opgebouwd. Ten noorden van de Betische ketens zijn de z.g.n. Subbetische ketens gelegen, die zich, evenals de Betische, vanaf de provincie Cadix tot aan den Kaap de la Nao in ongeveer WZW.—ONO. richting uitstrekken. Zij worden in het noorden begrensd door een groot, hercynisch geplooid, massief: de Meseta. Ten zuiden van de Betische ketens strekt zich in het zuidoosten van Spanje eene zone van eruptieve gesteenten uit, waarvan de Sierra de Gata het belangrijkste voorkomen is.

In groote trekken volgen dus van noord naar zuid op elkaar: Meseta, Subbetische ketens, Betische ketens, eruptiva. Enkele dezer tektonische elementen zullen in het kort worden besproken, benevens hunne equivalenten in Noord-Afrika en in de Balearen en Pituysen.

2. Subbetische ketens.

Ten zuiden van de hercynisch geplooid Spaansche Meseta zijn de uit mesozoische en tertiaire sedimenten opgebouwde Subbetische ketens gelegen. Zij zijn in jong-tertiären tijd geplooid en gekenmerkt door dekbladen- en overschuivingstektoniek. De Meseta

moet beschouwd worden als het „voorland”, ten opzichte waarvan de ketens in noordelijke richting opgeschoven werden.

Hunne gecompliceerde tektoniek is het eerst door R. Douvillé aangetoond in de bergen uit de omgeving van Jaen ¹⁾. Later stelde Nicklès den dekbladenbouw vast in de Subbetische zone ten oosten van Jaen, n.l. in de provincie Murcia en in het oosten van de provincie Alicante ²⁾ en beschreef Gentil dergelijke verschijnselen van het westelijk gedeelte dezer zone uit de provincie Cadix. ³⁾ De tijd, waarin de overschuivingen en dekbladen zijn gevormd, wordt door Douvillé ná het aquitanien verondersteld ⁴⁾; Gentil stelde deze nauwkeuriger vast tusschen het helvetien en tortonien. ⁵⁾.

Douvillé meent, dat de wortels van de dekbladen van Jaen in de nabijheid van Granada, dus ten noorden van de Sierra Nevada, zijn te zoeken ¹⁾, daarentegen neemt Gentil de wortelzone van de Subbetische zone direct ten zuiden van de Sierra Nevada aan en beschouwt o. a. de Serrania de Ronda (ten westen van Málaga) als zoodanig. De meening van Gentil is gebaseerd op zijne opvatting, dat de Sierra Nevada niet tot de eigenlijke Betische ketens behoort, doch tot de Subbetische en dat dit groote kristallijne massief uit dekbladen is opgebouwd, waarvan de wortelzone direct ten zuiden ervan is gelegen. ⁵⁾.

De voortzetting van de Subbetische ketens naar het oosten moet gezocht worden in de eilanden Majorca en Ibiza der Balearen en Pituysen, waar volgens Fallot dekbladen aanwezig zijn, die tusschen het helvetien en tortonien zijn gevormd. ⁶⁾ De vorming der dekbladen in de Balearen (en Pituysen) en in de Subbetische zone heeft dus in dezelfde periode plaats gehad.

De tektoniek van Noord-Afrika komt geheel overeen met die van Zuid-Spanje; van zuid naar noord treft men de volgende tektonische eenheden aan: het Marokkaansche massief, de z.g.n. „pré-rifaine” ketens, de ketens van het Rif, eene zone van eruptiva aan de kust. Hiervan komt het Marokkaansche massief overeen met de Meseta, de „pré-rifaine” ketens en de ketens van het Rif

¹⁾ R. Douvillé. 12.

²⁾ R. Nicklès. 34.

³⁾ L. Gentil. 16. 17.

⁴⁾ L. Gentil. 19.

⁵⁾ L. Gentil. 18.

⁶⁾ P. Fallot. 15.

zijn gelijk te stellen met de Subbetische en Betische ketens. In Noord-Afrika is de volgorde van zuid naar noord dus dezelfde als in Spanje van noord naar zuid.

Door de onderzoekingen van Gentil, Joleaud, Lugeon e. a. is aangetoond, dat de gebergten die in Fransch-Marokko ten zuiden van het Rif zijn gelegen (hierboven als „pré-rifaine” ketens aangeduid) uit dekbladen zijn opgebouwd en geheel zijn te vergelijken met de Subbetische ketens van het Iberisch schiereiland. ¹⁾ Deze z.g.n. „nappes pré-rifaines” zijn ten opzichte van het Marokkaansche massief, het hercynisch geplooid „voorland”, naar het zuiden opgeschoven, dus in tegengestelde richting als de dekbladen van de Subbetische ketens. In Noord-Afrika zetten deze dekbladen zich ook verder naar het oosten voort en worden o. a. uit Tunis beschreven. ²⁾

De ouderdom van de Marokkaansche dekbladen komt volgens de Fransche onderzoekers geheel overeen met die der Subbetische en moet eveneens tusschen het helvetien en tortonien gesteld worden. ³⁾ Bovendien heerscht er een groote overeenkomst tusschen de neogene gesteenten van de beide zones; volgens Gentil zijn de faciës van het burdigalien en helvetien volkomen gelijk en moeten derhalve in de z.g.n. „détroit Nord-Bétique” en „détroit Sud-Rifain” tijdens het jong-tertiair dezelfde bewegingen hebben plaats gehad. ⁴⁾ Deze zeeverbindingen werden in denzelfden tijd gesloten (eind helvetien), zoodat ook in dit opzicht volkomen overeenkomst tusschen de beide zones bestaat.

De meeste der Fransche onderzoekers veronderstellen dan ook, dat de „pré-rifaine” ketens met de Subbetische eene zone vormen, die bij Gibraltar een sterke ombuiging vertoont. Gentil zegt hieromtrent: „Les deux rives sont en continuité géologique, ainsi que l'avait entrevu Ed. Suess. Le détroit résulte d'un effondrement dans la zone déprimée comprise entre les deux colonnes d'Hercule.” ⁵⁾

3. Betische ketens.

De Betische ketens zijn vooral in tektonisch opzicht veel minder bekend dan de Subbetische ketens. Terecht zegt hieromtrent

¹⁾ Gentil, Lugeon, Joleaud. 21 en 22.

²⁾ Gentil, Joleaud. 23.

³⁾ Zie o. a. L. Gentil. 19 en 20.

⁴⁾ L. Gentil. 20.

⁵⁾ L. Gentil. 19.

Douvillé: „Au point de vue tectonique la chaîne bétique est encore inexplorée”. ¹⁾ In navolging van Suess worden zij veelal beschouwd als het overblijfsel van een groot kristallijn massief, waarvan het grootste gedeelte door wegzakking verdwenen is. ²⁾ Door deze inzinking zou dan de Tyrrheensche zee gevormd zijn geworden. Hierdoor is te verklaren, dat geheel analoge ketens, uit kristallijne schisten en gemetamorfoseerde mesozoische gesteenten opgebouwd, aan de noordkust van Afrika worden aangetroffen (Rif e. a.).

Omtrent den ouderdom van de plooiing der Betische ketens zijn geene juiste gegevens bekend; uit de onderzoeken van Barrois en Offret in de Alpujarras en in de Sierra Nevada blijkt alleen, dat deze gebergten ná den trias geplooid werden. ³⁾ Men neemt algemeen aan, dat zij tot het tertiaire alpine ketengebergte behooren ⁴⁾, hoewel juiste gegevens hieromtrent schijnen te ontbreken. Het onderzoek van de Sierra Alhamilla heeft aangetoond, dat behalve een post-triadische prae-eoceene plooiing, ook een belangrijke jong-tertiaire plooiing voor een gedeelte der Betische zone mag worden aangenomen.

De kennis omtrent de plooiingen in de Betische ketens is nog zeer gering te noemen. In de Sierra Alhamilla blijkt de jong-tertiaire plooiing niet buitengewoon intensief te zijn geweest, overschuivingen en dekbladen komen althans niet voor. Daarentegen schijnen in de Sierra de los Filabres groote overschuivingen aangenomen te moeten worden ⁵⁾ en is het niet onmogelijk, dat het kristallijn van de Sierra Nevada uit groote dekbladen is opgebouwd.

Douvillé veronderstelde reeds, dat in de Sierra Nevada, Sierra de los Filabres e.a. horizontale dekbladen aanwezig zouden zijn ⁶⁾ en Termier vereenigde het Marokkaansche Rif met de Sierra Nevada tot één tektonisch geheel: „Le Rif et la Sierra Nevada sont pour moi une seule et même carapace, un seul et même système de nappes alpines ployées en dôme, donnant par le

¹⁾ R. Douvillé. 11. pag. 1.

²⁾ Zie o. a. A. Osann. 36. pag. 324.

³⁾ Ch. Barrois et A. Offret. 1. fig. 4 (pag. 95) en fig. 6 (pag. 107).

⁴⁾ Zie o. a. E. Suess. 43, R. W. van der Veen. 47. pag. 611.

⁵⁾ Volgens de onderzoeken in de omgeving van Serón door Ir. C. P. A. Zeylmans van Emmichoven m.i. (mondelijke mededeeling.).

⁶⁾ R. Douvillé. 11. pag. 130.

plongement périclinal, l'illusion de la rotation d'un système de plis. Sur cette carapace bétique il y a des nappes subbétiques." ¹⁾).

Ook Gentil is de meening toegedaan, dat de Sierra Nevada uit dekbladen is opgebouwd; hij veronderstelt zelfs dat deze tot de Subbetische behooren. ²⁾).

Termier dacht zich de wortelzone van de „carapace” en eveneens die der Subbetische en Marokkaansche dekbladen in de omgeving van Fez. Nu latere onderzoekingen van Gentil e.a. hebben aangetoond, dat de „nappes pré-rifaines” van het noorden naar het zuiden werden bewogen, kan deze opinie van Termier niet meer worden gehandhaafd.

Naar alle waarschijnlijkheid wordt de tektoniek van de Betische ketens in de provincie Almería gecompliceerder, naarmate zij noordelijker zijn gelegen.

4. Jonge eruptiva.

De eruptiva langs de zuidoostkust van Spanje zijn voor het allergrootste gedeelte van prae-plioceenen ouderdom; hoewel deze alleen ten opzichte van het plioceen is vastgesteld, is het waarschijnlijk, dat de uitvloeiingen in jong-tertiären tijd hebben plaats gehad. Daarentegen zijn de eruptiva aan de Noord-Afrikaansche kust grootendeels jonger dan het plioceen. Aan de binnenzijde van de Spaansch-Marokkaansche alpine gebergten ligt dus een zone van jonge eruptiva. ³⁾).

Hunne uitvloeiing wordt veelal verklaard als een gevolg van de (hypothetische) instorting van de Tyrreënsche zee, waarbij breuken langs de tegenwoordige kust ontstonden.

5. Theoretische beschouwingen.

De samenhang van de Subbetische ketens met de „pré-rifaine” ketens mag na de onderzoekingen van Gentil, Lugeon, Joleaud e.a. in Noord-Marokko en in de provincie Cadix wel als bewezen worden beschouwd. Er zijn echter vele geologen, die hier-

¹⁾ P. Termier. 45.

²⁾ L. Gentil. 18.

³⁾ Zie voor het verband tusschen de Alpine plooiing in Europa en de jonge eruptiva: M. Bertrand. 3.

omtrent eene andere meening zijn toegedaan. Zoo veronderstelt Termier, dat zoowel de Noord-Afrikaansche als de Zuid-Spaansche ketens naar het westen doorloopen en dat de boogvormige verbinding over Gibraltar slechts schijnbaar eene verbinding is, hetgeen hij verklaart door eene sterke asduiking van de z.i. zeer groote dekbladen aan te nemen. Nu echter is aangetoond, dat de „nappes pré-rifaines” naar het zuiden zijn gericht en dat in het zuiden van de provincie Cadix de dekbladen van de Subbetische zone van het oosten zijn gekomen ¹⁾, moet wel eene ombuiging over de straat van Gibraltar als de eenige goede conceptie worden beschouwd. Volledigheidshalve zij nog vermeld, dat ook volgens Kober de Betische en Subbetische ketens zich naar het westen voortzetten. ²⁾.

Hoe moet men zich nu de gebergten om de Tyrrheensche zee gevormd denken?

Suess veronderstelt, dat ter plaatse van de tegenwoordige Tyrrheensche zee een groot gedeelte van een kristallijn massief, waartoe ook de Betische ketens behoorden, is weggezakt, waardoor de sedimenten langs de randen geplooid zouden zijn. Later kwamen dan langs de randbreuken de eruptiva naar boven.

Deze opvatting is door de meeste onderzoekers overgenomen, zij het dan ook in min of meer gewijzigden vorm. Men heeft zich wel voorgesteld, dat het Betische massief zich naar het noorden verplaatst zou hebben en daardoor de dekbladen der Subbetische ketens kon opstuwten. In dezen zin moest de theorie van Suess wel veranderd worden, toen de gecompliceerde dekbladenbouw van de Subbetische ketens bekend werd; een dergelijke intensieve plooiing is toch moeilijk alleen te verklaren door een wegzakking van een gedeelte van de aardkorst aan te nemen.

R. Douvillé's opinie is het beste weer te geven door zijne eigen woorden: „... la zone bétique, ou, plus exactement, le massif cristallin dont elle faisait partie, a comprimé violemment, lors des grands mouvements alpins, la zone subbétique contre la Meseta jouant le rôle de Vorland. Les terrains secondaires et tertiaires de la zone subbétique donnèrent alors naissance à des nappes de charriage qui déferlèrent vers le nord dans la direction du Vorland.

¹⁾. Meer naar het noorden zijn de dekbladen uit het zuidoosten gekomen. (L. Gentil. 16.).

²⁾. L. Kober. 27.

En même temps la plus grande partie du massif cristallin s'effondra, donnant naissance aux failles par où se sont élevées les roches éruptives du littoral." ¹⁾).

De hypothese van Douvillé houdt echter in het geheel geen rekening met de tektoniek der Noord-Afrikaansche ketengebergten. De dekbladen toch van de „pré-rifaine" ketens zijn van noord naar zuid bewogen, hetgeen, bij aanvaarding van deze hypothese, alleen te verklaren is, indien een gedeelte van het kristallijne massief zich in zuidelijke richting verplaatst zou hebben. Men zou dan moeten veronderstellen, dat dit massief in twee stukken gebroken zou zijn, waarvan het ééne zich naar het noorden, het andere naar het zuiden zou hebben bewogen. Een dergelijk proces is echter onwaarschijnlijk te noemen en deze hypothese kan dan ook in geen enkel opzicht bevredigend geacht worden.

Reeds werd in het kort betoogd, dat ook de hypothese van Suess niet zeer bevredigend is. Wanneer men zich de dekbladen en plooien van de Spaansche en Marokkaansche ketens gladgestreken denkt, dan moeten zij toch in noord-zuidelijke richting een veel grootere ruimte innemen dan de tegenwoordige ketens. Wil men de plooïing van deze ketens verklaren door een inzakking van de Tyrrheensche zee aan te nemen, dan is toch niet goed in te zien, waar de zeer groote hoeveelheid sedimenten vandaan is gekomen.

Fallot houdt daarentegen rekening met de resultaten van de nieuwste onderzoekingen in Marokko. Hij spreekt de veronderstelling uit, dat Afrika zich in noordelijke richting heeft bewogen en dat daardoor de sedimenten der Noord-Betische en Noord-Marokkaansche geosynklinalen als dekbladen geplooid zijn geworden. ²⁾ Tusschen deze geosynklinalen neemt hij een horst aan, die de Betische ketens en het Marokkaansche Rif omvat zou hebben en welke bij deze beweging als „butoir" zou hebben gediend. Hij acht het mogelijk, dat deze horst „bético-rifain" zich bij deze bewegingen naar het westen verplaatst heeft, waardoor de boogvormige verbinding der Subbetische en „pré-rifaine" ketens te verklaren is.

Het is m.i. absoluut noodzakelijk een beweging van Afrika, althans van Noord-Afrika, ten opzichte van Spanje aan te nemen om de tektoniek van het gebied rondom de Tyrrheensche zee te willen verklaren en in dit opzicht verdient de veronderstelling van

¹⁾ R. Douvillé. II. pag. 129.

²⁾ P. Fallot, 14. pag. 461, 462.

Fallot ten volle de aandacht. Een dergelijke onderschuiving van het voorland van de Zuid-Europeesche en Noord-Afrikaansche alpine ketengebergten wordt ook door Kober aangenomen ¹⁾. Het is nu zeer wel mogelijk, dat zich ook de Spaansche Meseta in de richting van de Tyrreensche zee heeft bewogen en dat dus Afrika en Europa aldaar in jong-tertiairen tijd tot elkaar zijn genaderd. Ik geloof echter niet, dat de Betische ketens en het Rif een zoo passieve rol bij deze bewegingen hebben gespeeld, als Fallot veronderstelt. Wel zijn zij, althans ten deele, minder sterk geplooid en gestoord dan de Subbetische ketens, doch zij hebben in ieder geval belangrijke dislocaties in het jong-tertiair ondergaan en hebben dus allermint alleen als „butoir” gediend. Dat de Betische ketens, uit stuggere elementen opgebouwd dan de Subbetische ketens, tot op zekere hoogte als „butoir” gediend hebben, acht ik echter zeer wel mogelijk. Het lijkt mij evenwel minder waarschijnlijk, dat zij zich naar het westen verplaatst zouden hebben en daardoor de boogvormige ombuiging van de Subbetische ketens bij Gibraltar hebben veroorzaakt. Hoe dan deze ombuiging wél verklaard moet worden, is vooralsnog moeilijk uit te maken. Het is mogelijk, dat zich het voorland aldaar in een ongeveer oostelijke richting heeft bewogen, of dat de beweging van de Spaansche Meseta en van het Marokkaansche massief eenigszins scharnierend heeft plaats gehad.

De vorming van de Tyrreensche zee moet, volgens bovenstaande opvatting, geschied zijn ná de plooiing van de randen. Hier zal niet getracht worden eene verklaring te geven van deze instorting, noch een verband gezocht worden met de jong-tertiaire orogenese.

Het gebied om de Tyrreensche zee is te vergelijken met de eilandenbogen om de Caraïbische zee en de Banda zee. Geheel analoog met de opvatting van Suess over de plooiing van de gebergten om de Tyrreensche zee neemt Verbeek aan, dat door de instorting van de Banda-zee de erom gelegen buitenste eilandenboog geplooid werd. Zoowel tegen deze opvatting, als tegen de hypothese, volgens welke de eilandenboog door centrifugale stuwingen gevormd zou zijn, voert Molengraaff verscheidene bedenkingen aan. ²⁾ Hij acht het daarentegen waarschijnlijker, dat de eilandenboog gevormd werd door centripetale onderschuivingen

¹⁾ L. Kober. 27.

²⁾ G. A. F. Molengraaff. 29. pag. 298—300.

van het Australische continent, inclusief Nieuw-Guinea. Dit zou zich in westelijke of WNW. richting bewogen hebben, waardoor de oorspronkelijk veel minder sterk gebogen eilandenreeks der Molukken naar het westen werd omgebogen. ¹⁾).

De gebergten, die de Tyrrheensche zee omringen, kunnen dus op dezelfde wijze gevormd zijn geworden als de eilandenreeks om de Bandazee. Om het zeer belangwekkende vraagstuk van deze tektoniek op te lossen is echter een zeer uitgebreide studie noodzakelijk en moeten alle bekende feiten, ook van de aangrenzende gebieden, kritisch worden doorgewerkt.

¹⁾ G. A. F. Molengraaff. 29. pag. 300.

LITERATUUR.

1. Ch. Barrois et A. Offret. Mémoire sur la constitution géologique du sud de l'Andalousie, de la Sierra Tejada à la Sierra Nevada. Mission d'Andalousie. p. 79—169.
2. Id. Sur la disposition des brèches calcaires des Alpujarras et leur ressemblance avec les brèches houillères du nord de la France. Comptes Rend. hebd. des Sc. de l'ac. des sc. C III. p. 400. 1886.
3. M. Bertrand. Sur la distribution géographique des roches éruptives en Europe. Bull. d.l. Soc. géol. de Fr. 3^e serie XVI. p. 604. 1888.
4. A. Born. Ueber die Erscheinungsform eines submarinen Ergusses. Zeitsch. d.d. geol. Ges. Abhandl. u. Monatsb. B. Monatsb. No. 3/4. LXXIV. p. 101—117, 1922.
5. F. de Botella. Reseña física y geológica de la region S.O. de la provincia de Almería. Bol. de la Com. del Mapa geol. de Esp. IX. p. 227—315, 1882.
6. H. A. Brouwer. The horizontal movement of geanticlines and the fractures near their surface. The Journ. of geol. XXIX. No. 6. Sept./Oct. 1921. p. 560—577.
7. Id. The major tectonic features of the Dutch East Indies. Journ. of the Washington Ac. of Sc. XII. No. 7. p. 172—185, 1922.
8. Id. Breuken en verschuivingen nabij de oppervlakte van bewegende geantiklinalen. I. Versl. Kon. Akad. van Wet. Amsterdam, XXVIII. p. 1151—1157, 1920.
9. S. Calderon y Arana. Estudio petrografico sobre las rocas volcánicas del Cabo de Gata é Isla de Alborán. Bol. de la Com. del Mapa geol. de Esp. IX. p. 333—414, 1882.
10. F. M. Donayre. Datos para una reseña física y geológica de la region S. E. de la provincia de Almería. Bol. de la Com. del Mapa geol. de Esp. IV. p. 385—461. 1877.

11. R. Douvillé. La Péninsule Ibérique. A. Espagne. Handb. d. reg. Geologie. Heft 7. Bd. 7/2.
12. Id. Esquisse géologique des Préalpes Subbétiques (Partie centrale). Thèse de doctorat. 1906.
13. J. Ezquerro del Bayo. Ensayo de una descripción general de la estructura geológica del terreno de España en la Península. Mem. de la Real Ac. de Ciencias. I. 2^o deel. p. 10. 1850.
14. P. Fallot. Etude géologique de la Sierra de Majorque. 1922.
15. Id. Au sujet de l'âge des phénomènes de charriage de la chaîne Bétique. Comp. Rend. somm. et bull. d.l. Soc. géol. de France. IV série. XVIII. p. 168. 1918.
16. L. Gentil. Sur l'existence de grandes nappes de recouvrement dans la province de Cadix. Compt. Rend. hebdom. des sc. de l'Ac. des Sc. CLXVI. p. 1003. 1917.
17. Id. Sur l'existence en Andalousie des nappes de recouvrement de la province de Cadix. id. CLXVII. p. 83. 1918.
18. Id. Sur l'origine des nappes de recouvrement de l'Andalousie. id. p. 238. 1918.
19. Id. Sur l'âge des nappes de recouvrement de l'Andalousie et sur leur raccordement avec les nappes pré-rifaines. (Maroc septentrional). id. p. 373. 1918.
20. Id. Sur le synchronisme des dépôts et des mouvements orogéniques dans les détroits Nord-Bétique et Sud-Rifain. id. p. 727. 1918.
21. Gentil, Lugeon, Joleaud. Sur l'âge des nappes pré-rifaines et sur l'écrasement du détroit sud-rifain (Maroc). id. CLXVI. p. 614. 1918.
22. Id. Sur l'existence des nappes de recouvrement du bassin de Sebou (Maroc). id. p. 290. 1918.
23. Gentil, Joleaud. Sur l'existence des nappes de charriage dans la région de Tunis. id. p. 42. 1918.
24. J. Gonzalo y Tarín. Edad geológica de las calizas metalíferas de la Sierra de Gádor en la provincia de Almería. Bol. de la Com. del Mapa geol. de Esp. IX. p. 97. 1882.
25. E. Haug. Traité de Géologie. II. Les périodes géologiques. 2^e tirage. 1920.

26. A. Heim. Geologie der Schweiz. Band I. Molasseland und Juragebirge. 1919.
27. L. Kober. Die Bewegungsrichtung der Alpenen Deckengebirge des Mittelmeeres. Dr. A. Petermann's Mittheil. 1914. I. p. 250.
28. L. Mallada. Memorias de la Comisión del Mapa geológico de España. Tomo I, 1895; Tomo IV, 1902; Tomo VII, 1911.
29. G. A. F. Molengraaff. De Zeeën van Nederlandsch Oost-Indië. Geologie. p. 272—357, 1922.
30. Id. Cordieriet in einem Eruptivgestein aus Südafrika. Neues Jahrb. für Min., Geol., u. Palaeont. I. Bd., p. 79—91, 1894.
31. F. de Montessus de Ballore. Les tremblements de terre. Géographie séismologique. p. 326. 1907.
32. Id. La Peninsula Ibérica sísmica y sus colonias. Anales de la Soc. esp. de hist. nat. Serie II. XXIII. p. 175—184, 1894.
33. M. M. S. Navarro—Neumann. La estación sísmológica y el observatorio astronómico y meteorológico de Cartuja (Granada). Memorias y trabajos de vulgarización científica. 1921.
34. R. Nicklès. Sur l'existence de phénomènes de charriage en Espagne dans la zone subbétique. Bull. de la Soc. géol. de France. 4e serie. IV. p. 223. 1904.
35. A. Osann. Ueber den Cordierit führenden Andesit vom Hoyazo (Cabo de Gata). Zeitsch. d.d. geol. Ges. XL. p. 694—708, 1888.
36. Id. Ueber den geologischen Bau des Cabo de Gata. id. XLIII. p. 323—345, 1891.
37. Id. Beiträge zur Kenntniss der Eruptivgesteine des Cabo de Gata. II. id. XLIII. p. 688—722, 1891.
38. R. Pellico y A. Maestre. Apuntes geognósticos sobre la parte oriental de la provincia de Almería. Anales de Minas. II. p. 116. 1841.
39. H. Rosenbusch. Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. Bd. II. 1907/08.
40. J. M. Rubio. Notas de hidrología subterránea. Bol. del. Inst. geol. de Esp. XXXIX. p. 387. 1918.
41. R. Sánchez Lozano y A. Marin. Aguas subterráneas de

- la cuenca del rio de Almería. Bol. del Inst. géol. de Esp. XVI (2ª serie). p. 309. 1915.
42. R. Sánchez Lozano. Hidrología subterránea de la cuenca del rio de Almería. Bol. del Inst. géol. de Esp. XXXIII. p. 207. 1912.
 43. Ed. Suess. La Face de la terre. Vertaling door Emm. de Margerie (Paris. Colin et Co.). Tome I. p. 295—301, 1897.
 44. T. Terramelli e G. Mercalli. I terremoti andalusi cominciati il 25 dicembre 1884. Atti della R. Accad. dei Lincei. Anno CCLXXXIII. 1885/86. Serie quarta. Mem. della cl. di scienze fis., matem., e natur. III. p. 116.
 45. P. Termier. Rapports tectoniques de l'Appenin, des Alpes et des Dinarides. Bull. de la Soc. géol. de France. 4e serie. VII. p. 421—423, 1907.
 46. Id. Les problèmes de la géologie tectonique dans la méditerranée occidentale. Revue gen. des sc. XXII. p. 225. 1911.
 47. R. W. van der Veen. Origin of the Bilbao, Almería and Santander iron ores. Econ. géol. XVII. No. 7. Nov. 1922. p. 602.

KAARTEN.

- I. *Topografische kaarten.*
- a. Kaart van de golf van Almería en van de kust van de Sierra de Gata. Met dieptecijfers. Aangeduid als:
Mar mediterráneo. Costas sur y sueste de España. Hoja IV. Dirección de Hidrografía. Madrid, 1876.
Schaal 1 : 100.000.
- b. Kaart van de provincies Almería en Granada. Uitgegeven door de Dirección General de Obras Públicas. Schaal 1 : 400.000.
Deze kaart heeft een zeer geringe waarde.

- c. Blad 86 van de stafkaart: Formado por el Cuerpo de Estado Mayor del Ejército; publicado por el Depósito de la Guerra. 1918. Schaal 1 : 200.000.

Deze kaart is veel beter dan de vorige. Het ontbreken van hoogtecijfers en de kleine schaal maken haar echter weinig bruikbaar voor nauwkeurig karteerwerk. Voor oriëntatie in het terrein is zij daarentegen uitstekend te gebruiken.

II. Geologische kaarten.

- a. Blad 15. (Almería) van de geologische kaart van Spanje. (Mapa geológico de España). 1889. Schaal 1 : 400.000.
b. Blad 53. idem. 1918. Schaal 1 : 400.000.
-

VERKLARING.

Profiel No. 1 is genomen ongeveer 1 KM. ten oosten van Polopos, profiel No. 2 over Lucainena en Nijar, en profiel No. 3 over Tabernas en iets ten oosten van La Giralba.

a = kristallijne schisten.

b = onderste afdeeling van den trias.

c = middelste idem.

d = bovenste idem.

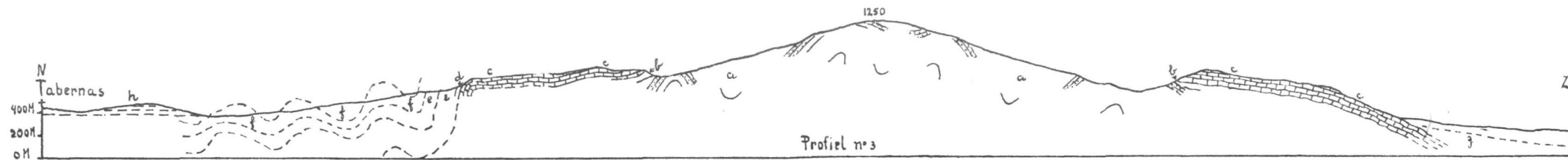
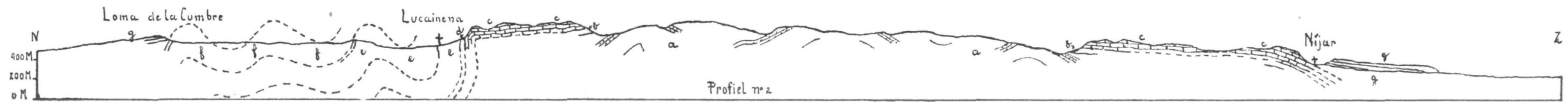
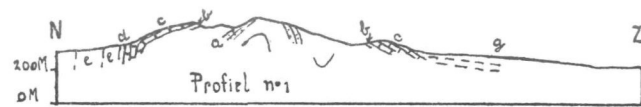
e = eoceen.

f = oligo-mioceen (?).

g = plioceen.

h = kwartair.

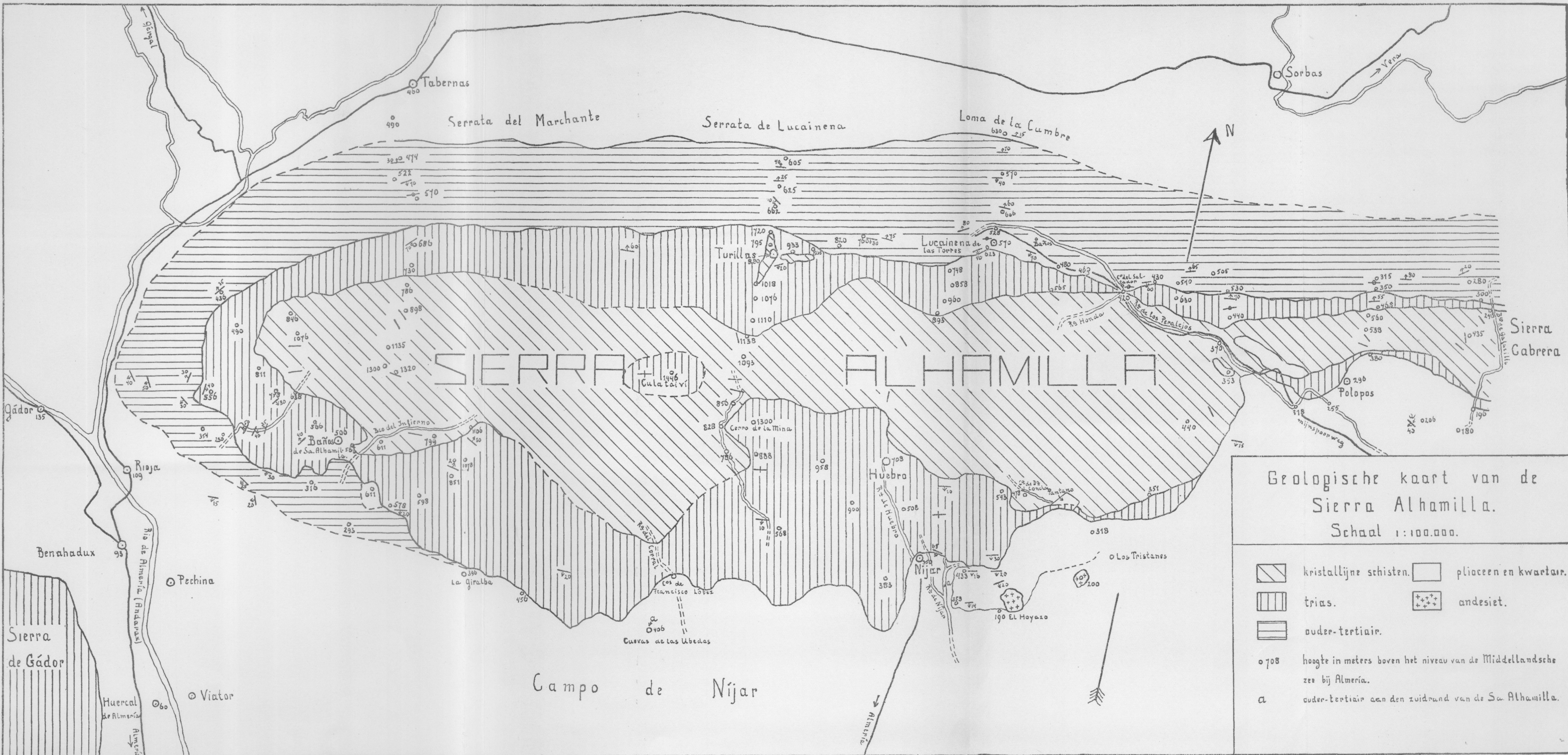
PROFIELEN DOOR DE SIERRA ALHAMILLA.
SCHAAL 1 : 50.000.



KAART 1.

————— Nauwkeurig vastgestelde grenzen
tusschen de verschillende formaties.

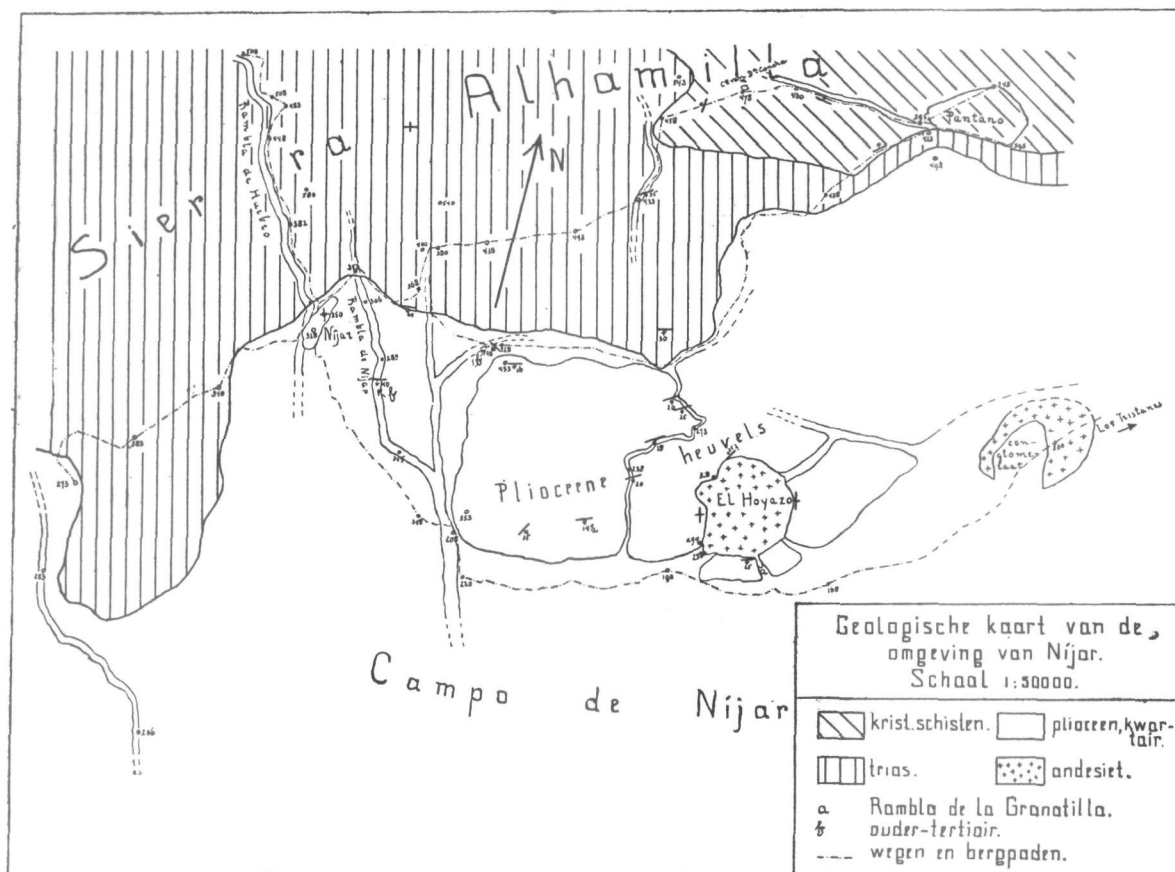
- - - Niet nauwkeurig vastgestelde grenzen
tusschen de verschillende formaties.



Geologische kaart van de
Sierra Alhamilla.
Schaal 1:100.000.

- | | | | |
|------|--|--|-----------------------|
| | kristallijne schisten. | | plioceen en kwartaar. |
| | trias. | | andesiet. |
| | ouder-tertiair. | | |
| 0708 | hoogte in meters boven het niveau van de Middellandsche zee bij Almería. | | |
| a | ouder-tertiair aan den zuidrand van de Sa. Alhamilla. | | |

KAART 2.



STELLINGEN.

I.

De opvatting van Fallot, volgens welke de Balearen tijdens het boven-mioceen en plioceen met het Iberisch schiereiland verbonden zijn geweest, is onjuist.

II.

Tusschen de orogenetische en de epirogenetische bewegingen bestaat geen principieel verschil.

III.

Ten onrechte worden de sericietschisten van de Sierra Alhamilla door Donayre als talkschisten aangeduid.

IV.

Bij verweering van stauroliet kan chloriet ontstaan.

V.

De bruikbaarheid van de formules voor roteerende cylinderovens (Technisch Studenten Tijdschrift. Maart 1920, pag. 196—198) moet proefondervindelijk onderzocht worden.

VI.

Bij het nauwkeurig in acht nemen van de voorschriften omtrent onderzoek, onderhoud en afleggen van hijschkabels, kan aan vangtoestellen, gezien de veelal groote ophaalsnelheden, slechts een geringe waarde worden toegekend.

VII.

Aan iedere gesteenteanalyse dient een microscopisch onderzoek vooraf te gaan.

VIII.

Het particulier initiatief bij den mijnbouw in Nederlandsch-Indië moet van staatswege sterker aangewakkerd worden, dan tot heden is geschied.

IX.

De tinpijpen in den graniet bij Potgietersrust (Transvaal) zijn door fumarolen, tijdens de laatste phase van vastwording van den graniet, ontstaan.

X.

Het verdient aanbeveling bij mijnmeetkundige opmetingen, de horizontale hoekmetingen bij veelhoeksmetingen volgens de reïteratiemethode uit te voeren en de repetitiemethode hierbij geheel te doen vervallen.

XI.

De door Gisolf aangetoonde aanwezigheid van diamant in uitgeworpen olivijn-anorthiet-bommen van den G. Roeang (Sangir eilanden) geeft steun aan de opvatting, volgens welke diamant in basische eruptiegesteenten steeds primair (connaat) gevormd is.

XII.

De ijstijden in de Alpen zijn nog té onvolledig bekend om met vrucht te trachten de gedeeltelijke ijsbedekking in Nederland in het Alpine schema de plaatsen.

XIII.

Met flysch wordt een bepaalde facies en niet een bepaalde stratigrafische horizont aangeduid.

XIV.

Het verdient aanbeveling voor het candidaatsexamen van mijnningenieur een verplicht tentamen (c.q. examen) in de electrotechniek in te stellen.
