

I. URAS e M. VIOLO

SU ALCUNI FENOMENI METAMORFICI
NELLA REGIONE D'ORIDDA (1)

Nota II^a

Premesse.

Il presente lavoro fa parte di una serie di studi che stiamo conducendo sul metamorfismo, essenzialmente di contatto, indotto dal granito d'Oridda sulla coltre sedimentare, ed è la continuazione di quanto pubblicato nella nota 1^a (16). Lo studio si propone anche lo scopo di dare un quadro di ambientazione delle mineralizzazioni presenti nella regione d'Oridda.

Abbiamo preso in esame alcune rocce metamorfiche ubicate lungo il contatto Nord del granito con i due termini della serie cambrica o presunta tale: il complesso calcareo-dolomitico (metallifero) e il complesso delle « arenarie ».

Questo contatto corre grosso modo parallelo alla strada che dalle miniere di Tiny-Arenas conduce a quella di Su Isteri, con una direzione all'incirca NW-SE (vedi cartina geologica).

Le formazioni da noi studiate sono ubicate una a Tuppa Sa Bruvura, una collinetta vicina alla strada suddetta, un paio di km. oltre Tiny salendo da Domusnovas, l'altra al contatto fra granito e formazione scistoso-arenacea, affiorante nelle vicinanze della miniera di Su Isteri e messa in luce dai lavori minerari.

Geologia della regione.

Già nella prima nota abbiamo illustrato le caratteristiche stratigrafiche e tettoniche della zona rilevata.

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto di Giacimenti Minerari della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Cagliari, diretto dal Prof. Piero Zuffardi, con il contributo del Consiglio Nazionale delle Ricerche, nell'ambito del gruppo « Studi Mineralogici, Petrografici, Giacimentologici in Sardegna ».

Esse possono essere così schematizzate: sono presenti nella zona tre complessi; uno eruttivo — il granito d'Oridda — attribuibile alla orogenesi ercinica, affiorante nella zona più a Sud, e due da blandamente metamorfici a metamorfici. Il complesso che affiora nella parte centrale (vedi cartina geologica) ufficialmente attribuito al cambriaco è costituito da calcari dolomitici e da scisti argilloso-arenacei.

Nella zona Nord compare il terzo complesso costituito dagli scisti ordoviciani con alla base lenti di conglomerato a cemento scistoso (anageniti).

Nella prima nota abbiamo avanzato dubbi circa l'attribuzione al cambriaco di tutto il complesso arenaceo-scistoso: la discordanza tettonica fra le « arenarie » e il complesso calcareo-dolomitico, l'ondulazione della superficie superiore del calcare e la probabile presenza di un paleosuolo, l'identità litologica e strutturale di alcune di queste arenarie con gli scisti arenacei e argilloso arenacei sicuramente siluriani affioranti a Nord della zona in esame, sono tutti fattori che ci lasciano un po' dubbiosi sull'età di questi scisti arenacei.

A questi fattori dobbiamo aggiungere il ritrovamento, durante i lavori di campagna, proprio a Tuppa Sa Bruvura e pressochè in cima alla collina, di un frammento di scisto fossilifero a Orthis.

Purtroppo la roccia non era in posto e per il momento non siamo riusciti a rinvenire altri affioramenti di scisto fossilifero. Ci ripromettiamo però di tornare sull'argomento, che si presenta alquanto affascinante, quando avremo più sicuri e numerosi reperti. Ci corre comunque il dovere di far notare che diversi affioramenti del complesso scistoso-arenaceo hanno necessità di una più approfondita indagine per la loro dotazione e che l'assegnazione fatta sulla Carta Geologica d'Italia va accettata con certe riserve.

Tuppa Sa Bravura.

Quadro generale

In cima quasi al rilievo chiamato Tuppa Sa Bruvura — tavoletta di Punta Magusu III-SE del foglio 225 (Guspini) della Carta d'Italia dell'IGM — a circa un chilometro e mezzo a Sud della miniera di Punta Nebidedda, si rinviene, in pieno paesaggio granitico, un cappello di rocce metamorfiche mineralizzato prevalentemente a *Magnetite*.

Non molto tempo fa questi adunamenti sono stati oggetto di ricerca e coltivazione e lo sono tutt'ora sia pure saltuariamente.

La forma dell'affioramento è lenticolare: in pianta ha un andamento grossolanamente ellissoidico con asse maggiore NW-SE: la potenza massima della lente al centro è di circa 20-25 metri, potenza che si va riducendo ai lati fino a morire sul granito sul quale giace.

Una faglia interessa la formazione metamorfica con direzione N-S e andamento subverticale (vedi fig. 1); non siamo riusciti a stabilire con certezza se si tratti di un accidente locale che interessi solo la copertura metamorfica o se la faglia prosegue nel sottostante granito.

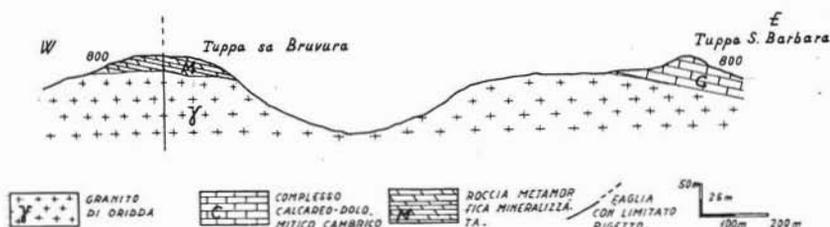


Fig. 1.

Pensiamo che la dislocazione descritta sia ricollegabile a tardivi fenomeni di assestamento; infatti è stato possibile osservare come essa sia posteriore anche al filone a *Magnetite*.

La mineralizzazione ha un andamento filoniano con una potenza abbastanza notevole — circa un metro —; la direzione del filone è grosso modo Nord-Sud con immersione a Est di 30°, 40°. Esso in certe zone è intimamente compenetrato con la roccia metamorfica, che si presenta dura e compatta, di colore grigio-verde scuro, e in altre zone è associato a ganga quarzosa; nelle parti più alte dell'affioramento si notano lenti di *Quarzo* vacuolare, dal quale il ferro evidentemente è stato sciolto e portato in soluzione dando brucioni e terre fortemente colorati; alcuni vacuoli nel *Quarzo* conservano ancora la forma dei cristalli di *Magnetite*.

Una analisi del cernito ha dato i tenori in Fe che riportiamo nella tabella n. 1.

L'analisi chimica mette in evidenza, come ci è stato confermato dall'osservazione microscopica in sezione lucida, che la mineralizzazione a Fe non è costituita da sola *Magnetite* ma da una associazione di *Magnetite* ed *Ematite*.

TABELLA 1

Analisi cernito	
SiO ₂	1,10%
Fe ₂ O ₃	60,20%
FeO	11,36%
MnO	2,78%
H ₂ O ⁻	1,20%
H ₂ O ⁺	0,59%

La roccia metamorfica

Abbiamo campionato l'affioramento dalla periferia della lente, subito a ridosso del granito, al centro e sugli stessi campioni abbiamo eseguito sia lo studio microscopico che le analisi chimiche per mettere in evidenza eventuali differenze da zona a zona della lente.

Alla periferia la roccia presenta una struttura eteroblastica, con una composizione mineralogica costituita essenzialmente da: *Clorite* var, *Pennina*: ha segno ottico negativo ed è quasi monoassica, presenta allungamento positivo e un pleocroismo:

α = giallo-verde chiaro

$\beta = \gamma$ = verde

Può avere un abito o minutamente cristallino in aggregati a struttura feltrata (vedi tav. II^a, foto n° 1), o in bei cristalli a ciuffo con andamento fibroso-raggiato; questa ultima struttura si riscontra soprattutto quando il minerale è incluso in cristalli di *Quarzo*.

- *Quarzo* in grossi cristalli a struttura pavimentosa, ricchi di inclusioni bollose e cloritiche.
- *Fluorite* e *Magnetite*: mineralizzazioni abbondanti e sparse per tutta la roccia; rimane dubbio l'ordine paragenetico tra questi due minerali. Infatti mentre in certi campioni sembra di poter osservare una preesistenza del fluoruro di calcio rispetto alla *Magnetite*, in altri casi i rapporti sono invertiti. Torneremo più avanti su questo particolare problema.

Al centro dell'affioramento la roccia presenta una struttura granuloblastica con tendenza alla peciloblastica: la composizione mineralogica è essenzialmente formata da:

- idiolblasti di *Granato*, sovente quasi completamente trasformati in *Clorite*, ma mostrandoti relitti di strutture (v. tav. II^a, foto 2);
- sono presenti anche qualche idiolbastro di *Orneblenda* verde, pleocroica con

$$a = \text{giallo-verde chiaro}$$

$$\beta = \gamma = \text{verde scuro.}$$

Presenta un angolo C : $\gamma = 25-30^\circ$. Anche essa è sovente cloritizzata (vedi tav. III^a, foto n° 1, 2).

Qualche raro cristallo di *Quarzo* a struttura pavimentosa associato a numerosi cristalli di *Magnetite* e *Fluorite*; quest'ultima è molto limpida, in grossi cristalli con sfaldature che si incrociano a circa 70° ; isotropa, ha indici inferiori a quello del balsamo (vedi tav. IV^a, foto n° 1).

Sono presenti ancora venette di materiale rossastro o verde, di aspetto mammellonare, a struttura zonata-concentrica; il minerale appare costantemente uniassico con segno ottico presumibilmente positivo. Questi caratteri fanno ascrivere questo minerale ad una varietà di *Calcedonio*. Queste venette sono decisamente tardive e attraversano tutti i minerali presenti nella roccia.

In alcuni campioni, ancora al centro della lente mineralizzata, i *Granati*, sempre molto alterati in *Clorite* e talvolta in *Biotite*, divengono preponderanti — a parte qualche raro cristallo alterato mostrandoti un reticolo di sfaldatura o pirossenico o anfibolico — e conferiscono alla roccia una composizione mineralogica di tipo *Granatite* (10).

Da notare alcune fratturine che attraversano la roccia e lungo le quali devono essere probabilmente passate le soluzioni; esse ora sono sottolineate da un addensarsi di *Clorite* verde.

Altri minerali presenti, come per la parte periferica, sono la *Magnetite* e la *Fluorite*. Il *Quarzo* a struttura pavimentosa che accompagna la mineralizzazione talvolta mostra fenomeni d'accrescimento, con andamento zonare. In certi punti si notano dei vacuoli e i cristallini di *Quarzo* vi si affacciano a mo' di geode. Esso è molto ricco di inclusioni.

Nella tabella n° 2 si riportano le analisi chimiche eseguite sugli stessi campioni sui quali si è condotta l'indagine microscopica.

Da esse è possibile vedere come le variazioni fra la zona periferica e la zona centrale dell'affioramento non siano molto ampie. Non è comunque possibile ragionare in termini di puro chimismo, in quanto la presenza di minerali di ferro infirma ogni considerazione.

TABELLA 2

Periferia dell'affioramento		Centro dell'affioramento
SiO ₂	19,87%	17,92%
TiO ₂	tr	tr
Al ₂ O ₃	5,13 »	3,09 »
Fe ₂ O ₃	27,14 »	30,59 »
FeO	11,96 »	5,03 »
MnO	1,05 »	1,15 »
MgO	0,50 »	0,37 »
CaO	14,24 »	21,44 »
K ₂ O	0,25 »	0,45 »
Na ₂ O	0,47 »	0,50 »
H ₂ O ⁻	2,37 »	1,80 »
H ₂ O ⁺	5,18 »	5,75 »
CaF ₂	11,71 »	11,40 »
	99,87%	99,49%

Nè d'altra parte ci è stato possibile determinare il solo ferro della mineralizzazione o quello della roccia in quanto, come è noto (3), il ferro viene facilmente rimosso dalle cloriti, minerali preponderanti nelle rocce studiate, anche per attacco con acido diluito. Nè avrebbe risolto il problema una separazione per via magnetica in quanto non avremmo separato l'*Ematite*. Ci è stato invece possibile separare il calcio della roccia dal calcio della *Fluorite* procedendo all'analisi diretta del fluoro per distillazione.

Riportiamo inoltre in tabella n° 3 l'analisi chimica di un campione di granito prelevato nelle immediate vicinanze della roccia precedentemente descritta.

TABELLA 3

Granito di Tuppa Sa Bruvura							
SiO ₂	74,89%						
TiO ₂	tr	si				462	
Al ₂ O ₃	13,44 »	al				49	
Fe ₂ O ₃	1,54 »	fm				16	
FeO	0,72 »	c				4	
MgO	0,62 »	mg				0,35	
CaO	0,63 »	k				0,65	
K ₂ O	5,05 »						
Na ₂ O	1,80 »						
P. F.	0,90 »						
	99,69%						
	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>mg</i>	<i>k</i>
Gran. Oridda	462	49	16	4	31	0,35	0,65
T. apl. granit.	460	47	8	5	40	0,25	0,45

L'esecuzione dei calcoli magmatici secondo Niggli ci ha consentito di vedere come il granito di Tuppa Sa Bruvura sia riferibile a un magma aplitico-granitico della serie leucogranitica (alcali-calcico).

I confronti vengono operati nella stessa tabella n. 3; le maggiori differenze riguardano il valore di *fm* e *alk*. Esse comunque rientrano nel campo di variabilità ammesso dal Niggli (7) per tali tipi di magmi; l'alto valore di *fm* rispetto al magma tipo è poi giustificato, come mette in evidenza lo stesso Niggli (7), dal basso valore di *c*.

Della roccia granitica teniamo a mettere in evidenza, in modo particolare, il basso tenore in CaO. Questa povertà di calcio, messa a paragone con l'alto contenuto dello stesso elemento nella roccia metamorfica, ci consente di sostenere l'impossibilità di un apporto di calcio da parte del granito e quindi d'ipotizzare la natura calcarea del sedimento originario. Nello stesso tempo si può escludere un fenomeno di dige-

stione da parte del granito di questo sedimento. Infatti una digestione di rocce calcaree avrebbe spostato il chimismo dei plagioclasti del granito verso forme più basiche dell' *Oligoclasio* da noi determinato.

Concludendo, dalla composizione mineralogica e chimica vista, possiamo dire che la formazione studiata ha subito una prima fase metamorfica senza differenze nelle varie parti dell'affioramento, con regime di temperatura alquanto elevate — sicuramente pneumatolitiche —, tanto da consentire la formazione di uno skarn granatifero-anfibolico. Poi, sempre in fase pneumatolitica, si è formata la mineralizzazione a *Magnetite* con ganga quarzosa.

Dubbia è la genesi della *Fluorite*; se cioè essa sia da imputarsi ad una azione metasomatica da parte di un eventuale HF dei convogli residuali del magma sulla lente calcarea — evidentemente facente parte del complesso calcareo dolomitico affiorante tutt'intorno — a temperatura alquanto elevata, oppure a una deposizione diretta di CaF_2 in una fase molto tardiva dei fenomeni post-ortomagmatici (epitermale) (9).

I rapporti paragenetici soprattutto fra la *Fluorite* e la *Magnetite* ci farebbero propendere per la prima ipotesi.

Inoltre in base alle osservazioni condotte al microscopio ci pare di poter affermare che la *Clorite* presente nel campione provenga da una più o meno completa alterazione dei granati e probabilmente degli anfiboli. Questa così energica alterazione può essere imputata allora alle fenomenologie idrotermali tardive prodotte dal granito stesso. L'imponenza dell'alterazione testimonia una attività idrotermale assai intensa, sia pure pressochè sterile di mineralizzazioni, nella zona considerata; si può anche notare come questo fenomeno abbia raggiunto diversi stadi nelle varie zone dell'affioramento.

Infatti nella parte periferica non ci è stato possibile riconoscere alcun cristallo conservato nè di granato nè d'anfibolo. Solo qualche relitto strutturale consente l'affermazione fatta nelle righe precedenti. Nella parte centrale dell'affioramento invece tali minerali sono stati, talvolta, almeno parzialmente rispettati.

Su isteri.

Quadro generale

Due chilometri circa a Nord-Est della zona di Tuppa Sa Bruvura, descritta nelle pagine precedenti, è ubicata la località di P.ta Su Isteri.

Sulle sue propaggini SE si ritrova l'omonima miniera attualmente abbandonata.

La situazione geologica può essere schematizzata in un ampio imbasamento di calcare dolomitico ricoperto dal complesso scistoso-arenaceo ⁽¹⁾. Quest'ultima formazione si estende a mò di fascia, non più larga di 250 metri, da W ad E, partendo dal rilievo di P.ta Su Isteri. Dopo circa 500, 600 metri esso piega decisamente verso Nord riallacciandosi al grande affioramento di P.ta Tuppa Camboni.

I due complessi sono tra loro discordanti come mettono in evidenza le diverse pendenze degli strati. Essi sono mediamente di 30° per lo scisto e di 20° per i sottostanti calcari. Diverse osservazioni fatte sul terreno ci portano a considerare questa discordanza come il probabile risultato di uno scendimento gravitativo subito, soprattutto durante l'orogenesi ercinica, dal complesso scistoso-arenaceo.

A circa 500 metri ad Est di P.ta Su Isteri, ossia circa dove l'affioramento dello scisto piega verso N, le due formazioni sedimentari ora descritte vengono a contatto con il granito. Quest'ultimo è una digitazione del batolito granitico d'Oridda che, infiltratasi fra il complesso calcareo dolomitico, viene a contatto con i sovrastanti scisti. La digitazione ha un andamento grosso modo N-S e mostra, molto chiaramente, l'effetto del raffreddamento differenziato subito nelle sue diverse parti a causa delle rocce incassanti fredde o, quanto meno, a temperatura meno elevata del granito stesso.

Osservando le strutture del granito da un contatto col calcare all'altro si nota una serie di gradazioni, senza soluzioni di continuità, nella grana della roccia ignea. Da un microgranito ai contatti si passa ad una facies porfirica al centro dell'affioramento, per ripassare sempre più francamente ad una struttura micro-cristallina man mano che ci si avvicina all'altro contatto, in una disposizione perfettamente simmetrica.

Il granito ha agito sui due complessi con i quali venne a contatto in maniera differenziale; mentre il calcare ricristallizzava e, solo là dove esisteva discontinuità (fratture, crevasse, ecc.), ospitava le mineralizzazioni e dava luogo a masse di minerali metamorfici in primo luogo *Granati* e *Wollastonite* (4, 12), lo scisto arenaceo subiva una blanda azione termica e, solo in una ristretta fascia immediatamente a

⁽¹⁾ Nella carta geologica ufficiale questo affioramento viene riferito al grande complesso delle « arenarie » e attribuito al cambrieco.

ridosso della roccia ignea, manifestava un metamorfismo per apporto di materia.

Il granito ad immediato contatto con lo scisto presenta una esile fascia a diversa struttura e composizione mineralogica. Con tutta probabilità ciò è il risultato di un processo sia pure limitato di digestione da parte della roccia granitica del sedimento arenaceo.

Questi ultimi fenomeni tratteremo nel dettaglio nelle pagine seguenti dopo aver brevemente parlato delle mineralizzazioni di Su Isteri.

Queste, ubicate nel complesso calcareo-dolomitico al contatto con le arenarie scistose o nelle sue immediate vicinanze, non hanno un andamento regolare ma si presentano a fiamme, chiazze, lenti, noduli. In certe zone il calcare è stato rispettato dalle venute mineralizzanti; pensiamo, come già detto, a causa di mancanza di vie di passaggio per i convogli metallizzanti (vedi fig. 2).

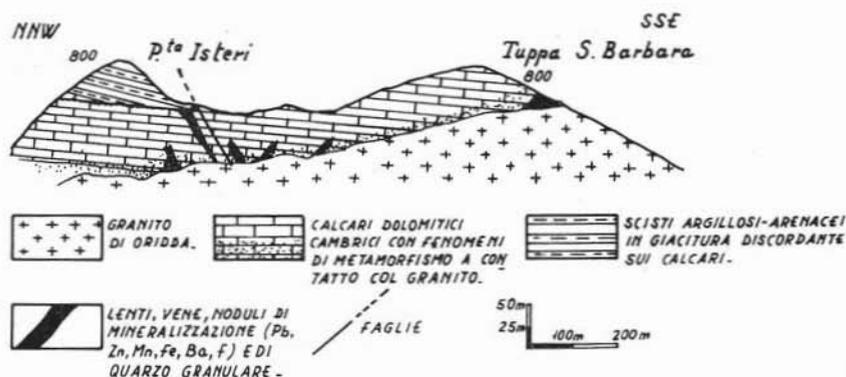


Fig. 2.

Lo scisto arenaceo non è, o solo raramente e in maniera oltremodo limitata, mineralizzato; per quanto ci consta non ha dato luogo comunque a concentrazioni industriali.

La composizione delle mineralizzazioni è data da *Magnetite* e *Blenda* con subordinata *Galena*; accessori sono la *Pirite*, la *Fluorite*, la *Barite* e il *Manganese* ora sotto forma di *Pirolusite*. Taluni di questi minerali sono oggi in stato più o meno avanzato di ossidazione e trasformati in *Calamine*, *Cerussiti*, *Limoniti* ecc. (con fenomenologie analoghe nelle zone mineralizzate vicine [15]).

Le rocce metamorfiche

Davanti alla laveria di Su Isteri, proprio al contatto tra granito e formazione scistoso-arenacea, abbiamo prelevato, in uno scavo mineralizzato a Fe di limitate estensioni, un campione costituito da una sottile banda di roccia verde in alto e da una roccia rosea di aspetto granitoido in basso.

Più in alto la roccia verde passa agli scisti arenacei tipici della zona, a *Quarzo* e *Sericite*, debolmente scistosi con blandi fenomeni di blastesi: in basso invece si passa al Granito porfirico d'Oridda senza soluzione di continuità.

Al microscopio la roccia verde superiore presenta struttura eteroblastica tendente alla peciloblastica con una composizione mineralogica costituita da:

- Numerosi porfiroblasti di *Ortose*, ricchi di inclusioni e in certe zone non completamente limpidi. Indici di rifrazione nettamente inferiori a quello del balsamo del Canada; elevato 2 V, bassi colori di interferenza, segno ottico negativo; rari i geminati per lo più secondo Karlsbad (vedi tavola IV^a, foto n° 2).
- Rari *Plagioclasti* di tipo acido alquanto alterati per argillificazione; geminazioni più frequenti quelle secondo la legge dell'Albite; in zona simmetrica si ottiene una estinzione massima $\epsilon : \gamma$ di circa 10-12°; gli indici di rifrazione sono inferiori a quello del Balsamo e quindi se ne deduce una composizione di tipo *Albite-Oligoclasio*; segno ottico costantemente positivo.

Numerosi individui assai ben cristallizzati, anche se di dimensioni minori rispetto ai feldspati, di *Clorite* a struttura fibroso-raggiata (vedi tavola V^a, fig. 1, 2) e *Muscovite*.

La *Clorite*, che è responsabile del colore verde scuro della roccia, presenta un marcato pleocroismo secondo il seguente schema:

$$\begin{aligned} \alpha &= \text{da giallo chiarissimo a incolore} \\ \beta = \gamma &= \text{verde scuro} \end{aligned}$$

sovente con abito pseudo esagonale, altre volte in lamelle mostranti ai bordi i caratteri più netti della *Clorite*, mentre la parte centrale presenta color marrone e debolissimo pleocroismo del tipo biotitico (vedi tavola VI^a, fig. 1, 2).

Pensiamo pertanto possa trattarsi di un fenomeno di trasformazione, con pseudomorfosi, di originaria *Biotite* in *Clorite*. Questo fatto sarebbe anche confermato dalla presenza di segregazioni di ossidi di ferro opachi particolarmente abbondanti nelle zone a *Clorite*.

Quest'ultima ha segno ottico sempre negativo, con un basso valore del 2V e mostra colori di interferenza generalmente bassi, talvolta anormali. In base alle proprietà ottiche e a quelle chimiche, che vedremo oltre, si pensa possa trattarsi di una *Clorite* del tipo da *Ferro-Antigorite* a *Pennina*.

La *Muscovite* è perfettamente limpida con alti colori d'interferenza, basso valore del 2 V.

Sono presenti infine granuli di *Pirite* e *Magnetite* associati talvolta a rari cristalli di *Quarzo* a struttura pavimentosa, senza bordi di accrescimento secondario nè estinzioni ondulate.

La roccia rosea inferiore, sempre al microscopio, presenta una struttura porfiroblastica con tendenza però alla granulare man mano che ci si allontana dal contatto con la roccia verde.

Nella parte a struttura porfiroblastica si ha la seguente composizione mineralogica:

- *Quarzo* in cristalli con inclusioni bollose allineate; è costantemente monoassico e non presenta, se non in qualche grosso individuo, fenomeni di estinzione ondulata.
- *Ortose* in fenoblasti sovente riassorbiti; esso si presenta spesso assai torbido e contiene numerosi inclusioni costituite da allineamenti di piccoli individui di *Muscovite*; mancano le geminazioni e mostra infine scarse strutture di reazione con *Quarzo* (vedi tavola VII^a, fig. 2).
- *Muscovite* che compare oltrechè quale incluso nell'*Ortose*, in ciuffi di minuti individui per altro ben formati; essi circondano i fenoblasti di *Quarzo* e *Ortose*, formando nel loro insieme quasi una pasta di fondo (vedi tavola VII^a, fig. 1).
- *Magnetite* e *Pirite*, quali accessori in rari individui cubici.

Man mano che ci si allontana dal contatto con la roccia verde sopra descritta, la grana tende a uniformarsi anche se mantiene dimensioni notevoli; scompare quasi la *Muscovite* e la roccia mostra una composizione pressochè pegmatitica costituita essenzialmente da *Quarzo* e *Ortose*.

All'analisi chimica la roccia verde superiore ha dato i risultati che si riportano nella tabella n. 4.

TABELLA 4

Roccia verde	
SiO ₂	35,83%
Al ₂ O ₃	24,12%
Fe ₂ O ₃	5,37%
FeO	20,12%
MnO	2,06%
MgO	0,42%
CaO	0,30%
K ₂ O	3,66%
Na ₂ O	0,33%
H ₂ O ⁻	0,77%
H ₂ O ⁺	6,15%
	99,13%

si 88, al 35, fm 58, c 1, alk 6, k 0,88

Valori caratteristici risultano l'alto valore in Al₂O₃ e in FeO. Mentre pensiamo che il primo valore trovi esauriente giustificazione nella presenza nella roccia di diversi minerali tutti alluminiferi, per il secondo valore dobbiamo pensare ad un tipo di *Clorite* notevolmente spostata verso i termini *Ferro-Antigoritici*; d'altro canto già le proprietà ottiche di questo minerale ci avevano orientato in questo senso.

L'alterazione di tipo argilloso dei feldspati, già descritta fra le caratteristiche osservate nello studio microscopico, trova rispondenza nei bassi valori analitici dei metalli alcalini.

Dell'analisi sopra riferite abbiamo calcolato le costanti secondo Niggli, riportate nella stessa tabella dei valori chimici. Il punto rappresentativo della roccia in funzione di tali valori, è stato proiettato sui triangoli costruiti da Niggli (6) e rappresentativi dei vari tipi di rocce metamorfiche. Esso cade nel campo settimo definito dallo stesso Niggli (6) delle rocce allumo-silicatiche ricche in *al*. Ci pare pertanto logico dedurre che si tratti di un fenomeno di metamorfismo termico ma con apporto di materia su un sedimento fondamentalmente di tipo argilloso.

Uno studio microscopico dello scisto, nel quale, come si è già detto, la nostra roccia metamorfica sfuma con continuità, ha mostrato una composizione mineralogica del seguente tipo:

Quarzo in individui di origine clastica con assai limitati fenomeni di blastesi. Frequenti le estinzioni ondulate. *Mica* di tipo *Sericite* in aggregati lepidoblastici che circondano il *Quarzo*.

Associata alla *Mica* ciuffi di *Clorite* a struttura fibroso-raggiata.

Nel complesso la roccia presenta struttura blasto-pelitica microcristallina e tessitura debolmente piano-scistosa.

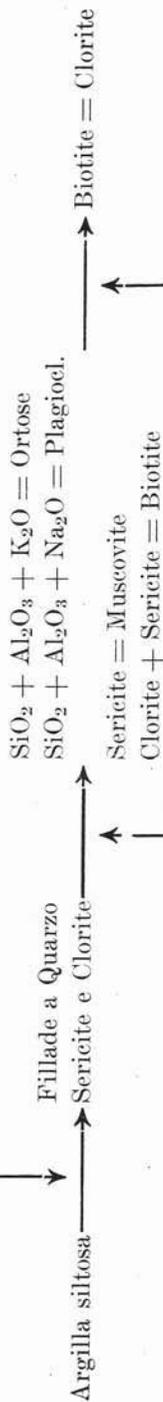
Pensiamo si possa pertanto schematizzare il processo metamorfico subito, prima e durante l'intrusione del granito ercinico, dai sedimenti ad immediato contatto col laccolite o con le sue propaggini e digitazioni come indicato in pagina 15.

S'intende che lo schema riportato ha pura funzione indicativa in quanto diverse e numerose possono essere state le reazioni che generarono i minerali presenti nella roccia.

Concludendo si può dire che la nostra roccia ha subito durante e come conseguenza dell'intrusione granitica un processo di metamorfismo termico al quale non dev'essere mancato un certo apporto di materia. Come risultato si è avuto un hornfels a *Quarzo*, *Ortose*, *Biotite*, *Muscovite* e raro *Plagioclasio*. Schemi di trasformazioni di questo genere vengono riferiti da Huang (5) e Turner e Verhoogen (14) per ambienti simili al nostro. Successivamente, in regime idrotermale, favorito anche dal vapore acqueo sfuggito alla stessa roccia (8), la *Biotite* dev'essere stata alterata a *Clorite* la quale ha conservato, talvolta, l'abito del primitivo minerale, e i feldspati hanno subito una, sia pure incipiente, argillificazione. L'alterazione della *Biotite* a *Clorite* in condizioni idrotermali è fenomeno assai diffuso e conosciuto come testimonia l'abbondante letteratura riportata da Schwartz (13) che si occupò dell'argomento descrivendo modalità di alterazione e risultati assai simili a quelli da noi riscontrati.

La mancata formazione di minerali di tipo *Andalusite*, *Sillimanite*, come anche le dimensioni estremamente ristrette della roccia metamorfica, pensiamo possa dipendere e dalle temperature non troppo elevate del granito e dalla sua modesta massa. Ricordiamo infatti che nel caso specifico si tratta di una limitata apofisi infiltratasi tra le rocce sedimentarie.

Metamorfismo di epizona



Metamorfismo di contatto
con apporto di materia

Metamorfismo per idrotermalismo

Questo giustifica anche gli scarsi fenomeni di digestione, da parte della roccia ignea, delle formazioni sedimentarie.

Infatti la descrizione data nelle pagine precedenti della roccia rosea a contatto diretto con l' Hornfels e sfumate a sua volta con continuità nel granito, mostra come l'unica differenza rilevante rispetto al granito stesso sia l'abbondanza della *Muscovite* e l'assenza di *Biotite*.

Comunque, come si è precedentemente fatto notare, man mano che

TABELLA 5

	A	B
SiO ₂	73,92%	73,55%
TiO ₂	tr »	0,02 »
Al ₂ O ₃	14,86 »	14,08 »
Fe ₂ O ₃	1,28 »	1,20 »
FeO	0,08 »	ass »
MnO	tr »	tr »
MgO	0,66 »	0,16 »
CaO	0,06 »	0,94 »
K ₂ O	6,66 »	5,85 »
Na ₂ O	0,87 »	2,25 »
H ₂ O ⁻	0,28 »	0,20 »
H ₂ O ⁺	1,06 »	0,90 »
	99,73%	99,15%
si	463	450
al	55	51
fm	13	7
c	0	6
alk	32	36
k	0,83	0,63
mg	0,50	0,21

Magma aplitico-granitico (1)	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>
	460	47	8	5	40	0,45	0,25

ci si allontana dal bordo del contatto questa differenza tende rapidamente a scomparire per progressiva diminuzione fino a totale assenza della mica bianca e progressiva comparsa di rare laminette di *Biotite*.

Anche l'analisi chimica (vedi pagina precedente) della roccia rosea, che si riporta nella tabella 5 contrassegnata con la lettera A, a fianco all'analisi del granito di Su Isteri, che viene contrassegnata con la lettera B, mostra come le differenze chimiche siano molto lievi e riguardino un leggero aumento del CaO e del Na₂O e una diminuzione del MgO quando si passi dalla roccia rosea di contatto al granito.

Analoghe risultanze si deducono dall'osservazione dei parametri magmatici calcolati secondo Niggli (7) e Burri (1).

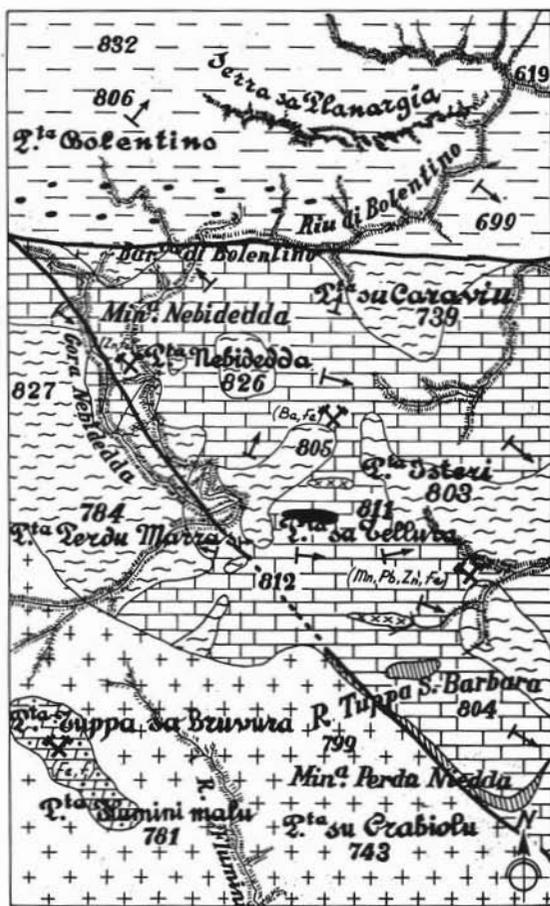
Questi vengono riportati in tabella n. 5 in calce alle rispettive analisi. Da essi si può ancora vedere come le rocce granitiche da noi studiate possano essere riferite ai magmi aplitico-granitici della serie dei magmi leucogranitici alcali-calcici. Esse possono essere definite rocce *sialiche* per il rapporto *al/fm*, *relativamente ricche in alcali* per il rapporto *al : alk*, *povere in c* (1).

In ultima analisi possiamo dire che nella zona di Su Isteri sono mancati grandi fenomeni di endomorfismo per digestione dei sedimenti, in quanto la stessa roccia rosea di contatto con lo Hornfels va considerata come un differenziato di tipo micropegmatitico del granito.

BIBLIOGRAFIA

- (1) BURRI C., *Petrochemische Berechnungsmethoden auf Aequivalenter Grundlage*. Birkhauser Verlag, 1959.
- (2) CARPANESE T., *Corso di Geochimica Cedom*, 1950.
- (3) DEER W. A. HOWIE R. A. and ZUSSMAN J., *Rock forming minerals*, 5 voll., Longmans, 1962.
- (4) DI COLBERTALDO D., *Il giacimento piombo-zincifero di Arenas, nell'Iglesiente*. Rend. Soc. Miner. Ital., Anno XIV, 1958.
- (5) HUANG W., *Petrology*. McGraw-Hill book Company, 1962.
- (6) NIGGLI P., *Die chemische Klassifikation der metamorphen Gesteine*. Schw. Min. un Petrogr. Mitt. 14, 1934.
- (7) NIGGLI P., *Die Magman typen*. Schweiz. Min. Petr. Mitt. vol. 15, 1936.
- (8) RAGUIN E., *Géologie du granite*. Masson, 1946.
- (9) RAGUIN E., *Géologie des gites minéraux*. Masson, 1940.
- (10) ROSSETTI V., *I granati d'Oridda*. Rend. del Seminario della Facoltà di Scienze dell'Università di Cagliari. Fasc. 1-2, vol. XVI, 1946.

- (11) SALVADORI I., ZUFFARDI P., *Il Giacimento di Monte Tamara (Sardegna)*. Resoconti dell'Associazione Mineraria Sarda, anno LXV, n. 17, 1961.
- (12) SALVADORI I., ZUFFARDI P., *Su una mineralizzazione blendosa in area metamorfica (Muru Mannu-Oridda)*. Resoconti dell'Associazione Mineraria Italiana, anno XVII, 1961.
- (13) SCHWARTZ G. M., *Alteration of Biotite under mesothermal conditions*. Economic Geology, vol. 53, 1958.
- (14) TURNER F. J. and VERHOOGEN J., *Igneous and Metamorphic Petrology*. McGraw-Hill Book Company, 1951.
- (15) URAS I., *Il Giacimento Piombo-Zincifero di Arenas-Tiny*. Rend. Ass. Min. Sarda, anno LXI, n. 7, 1957.
- (16) URAS I., VIOLO M., *Su alcuni fenomeni metamorfici nella Regione d' Oridda*. Nota I. Rend. Soc. Mineral. Ital., anno XX, 1963.
- (17) WICHELL A., *Elements of optical mineralogy*. J. Wiley and Sons, 1932.



SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA II

Foto 1. — Tappa Sa Bruvura.

Cristalli aciculari di Clorite tra Fluorite (bianca) e Magnetite (nera).

Nicols // - 82 X

Foto 2. — Tappa Sa Bruvura.

Granati con incipiente cloritizzazione.

Si notano anche Fluorite (bianca) e minuti cristallini cloritici (seuri).

Nicols // - 82 X

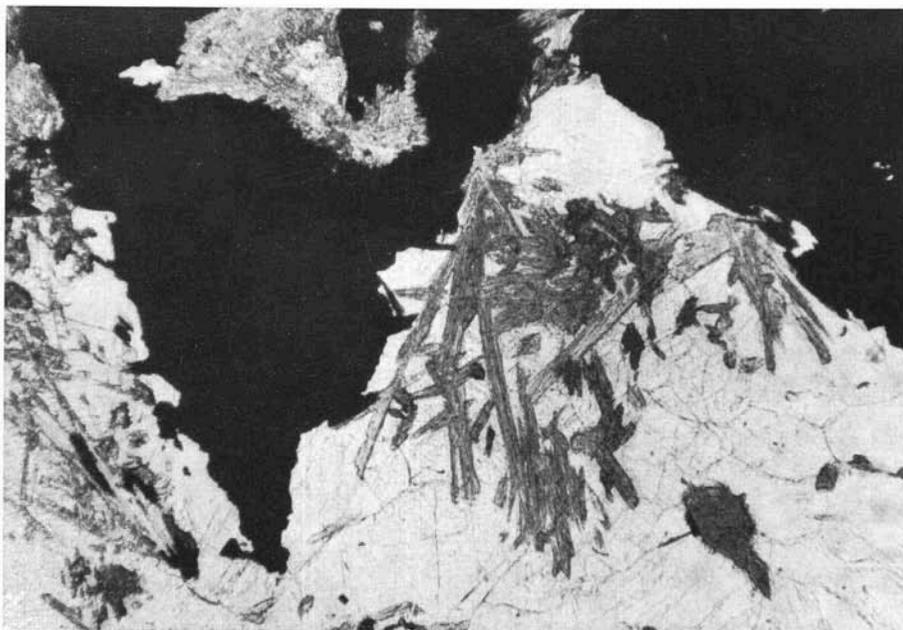


Foto 1.

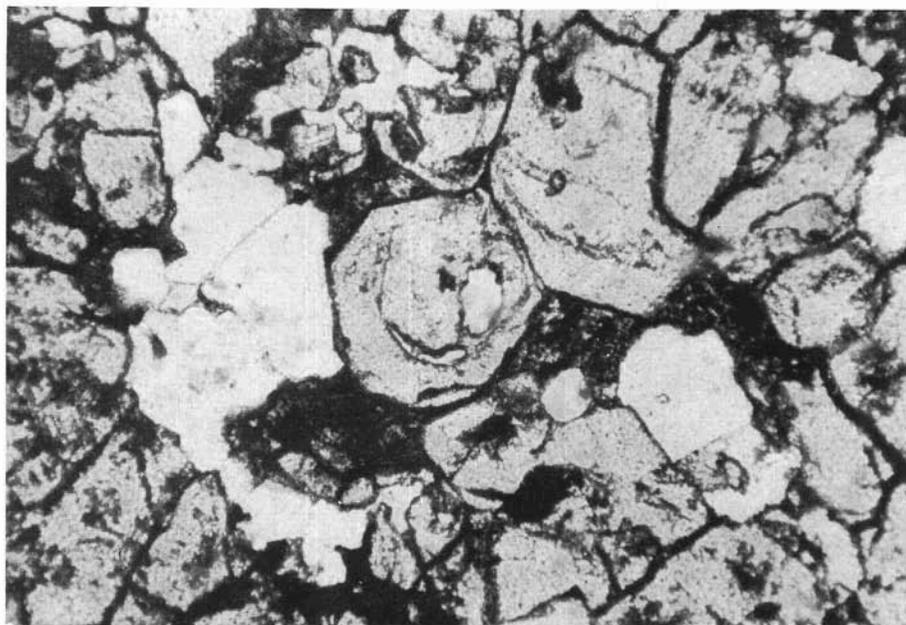


Foto 2.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA III

Foto 1. — Tappa Sa Bruvura.

Cristallo di Orneblenda verde circondato da Clorite e Fluorite.

Nicols // - 82 X

Foto 2. — idem, 330 X.



Foto 1.



Foto 2.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA IV

Foto 1. — Tuppa Sa Bruvura.

Cristalli di Fluorite (bianca) circondati da minutissimi cristalli cloritici.

Nicols // - 82 X

Foto 2. — Su Isteri.

Ortose parzialmente alterato (grigio scuro) e Quarzo (grigio chiaro).

Nicols X - 82 X

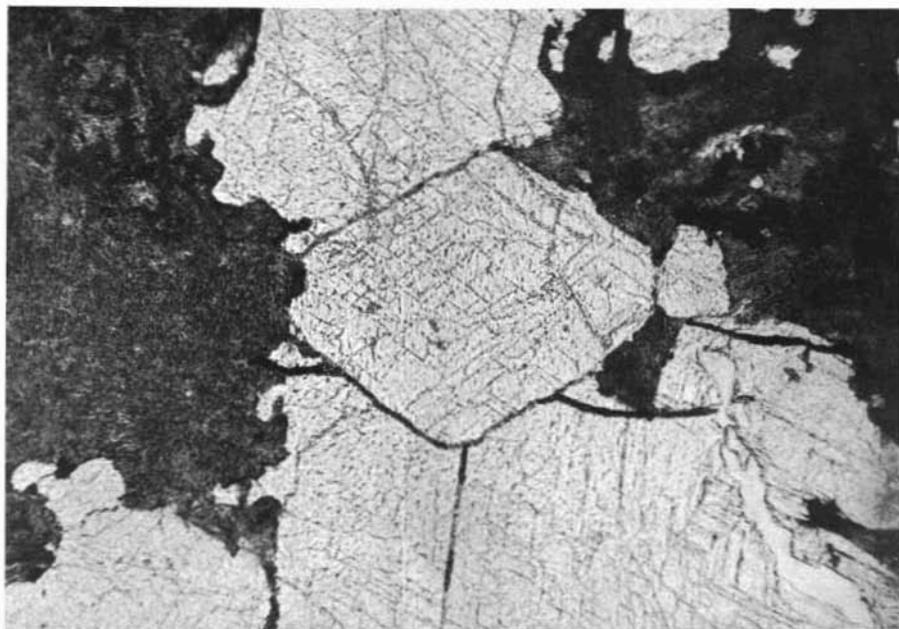


Foto 1.

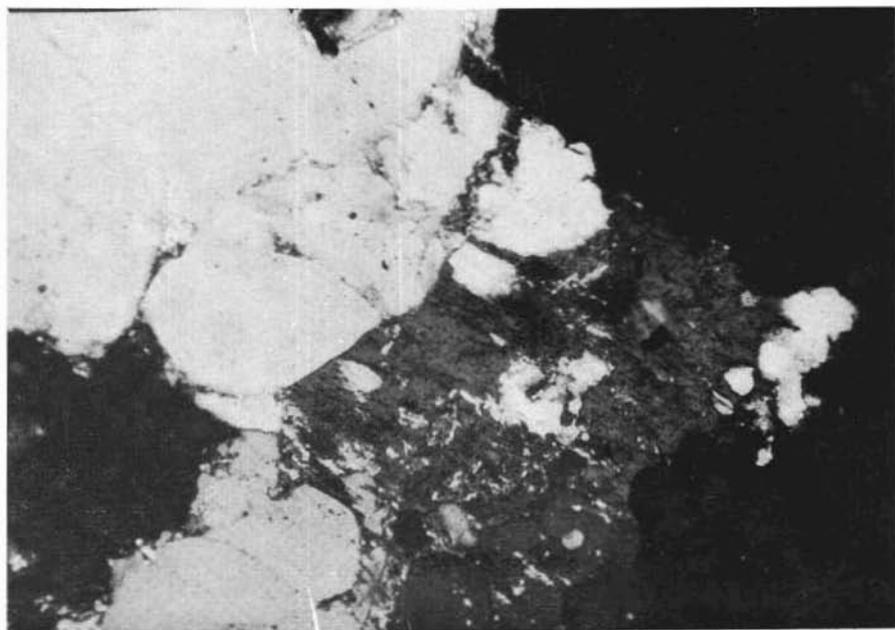


Foto 2.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA V

Foto 1. — Su Isteri.

Ciuffi di Clorite ben cristallizzata circondati da Ortose (grigio) e
Quarzo (bianco).

Nicols // - 82 X

Foto 2. — idem, nicols X.



Foto 1.



Foto 2.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA VI

Foto 1. — Su Isteri.

Si nota al centro un cristallo di Clorite mostrandone l'antico abito pseudo-esagonale della Biotite.

Nicols // - 82 X

Foto 2. — Su Isteri.

Nucleo biotitico alterato passante lateralmente a Clorite aciculare.

Nicols // - 330 X



Foto 1.

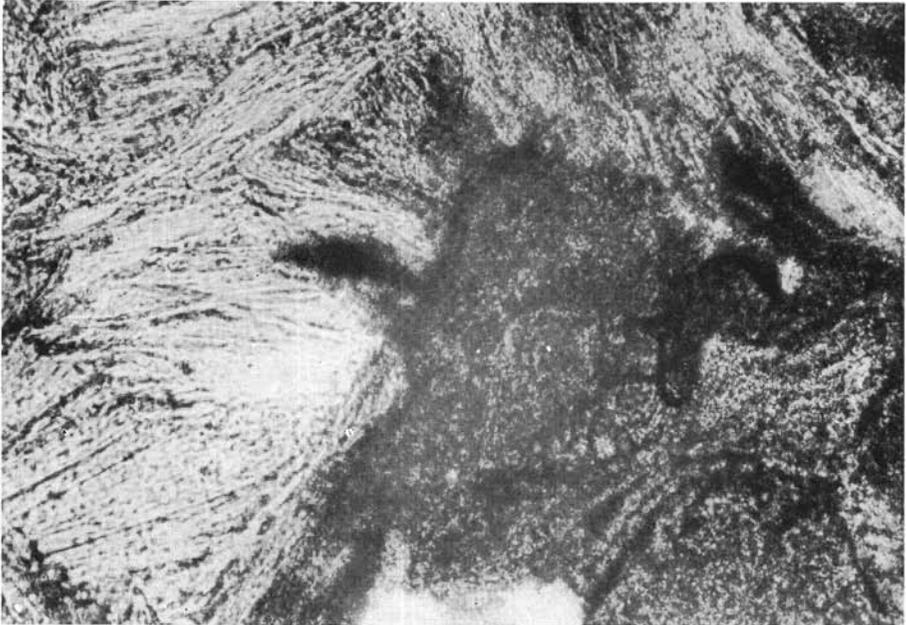


Foto 2.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA VII

Foto 1. — Su Isteri.

Cristalli di Quarzo e Ortose circondati da microcristallini di Muscovite.

Nicols // - 36 X

Foto 2. — Su Isteri.

Strutture di reazione fra Ortose e Quarzo, circondate da Clorite in ciuffi.

Nicols // - 82 X

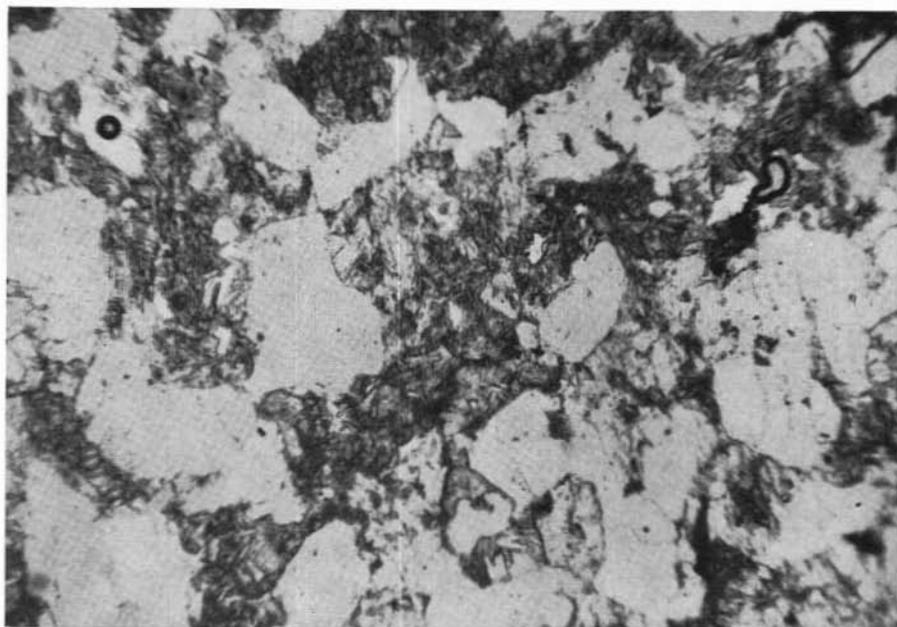


Foto 1.



Foto 2.