CALIZA CON DIPYRO Y DIOPSIDA

En la cima del Picacho del Abra se encuentra una caliza con Nerineas grafítica algo cristalina, en la cual están diseminadas en todas partes agujas negras opacas de dipyro y cristales imperfectamente desarrollados, en láminas anchas y también opacas de diopsida. Ambos minerales fueron separados de la roca por medio del ácido acético; la roca es también bastante rica en pyrita.

La escapolita forma prismas hasta de una longitud de 6 mm., y de un espesor aproximadamente de 0.5–0.^{mm}75 con un desarrollo equivalente y completamente igual, según ∞P é $\infty P\infty$. Los extremos están en lo general desarrollados de una manera fibroso-dentada, sólo de vez en cuando se observa la indicación de una pirámide muy obtusa. Con mucha frecuencia se ven en los prismas aislados por la intemperie ó en los que fueron tratados con ácido acético en los polos una concavidad ó la salida de un canal axial fino, que quizá corresponde á un núcleo de espato calizo. El desarrollo de los prismas es en lo general bastante regular; sin embargo se hallan también numerosos individuos con caras débilmente arqueadas. Las caras de los prismas tienen un lustre mate y por esto no permiten medidas completamente exactas; no obstante esto doy en seguida los valores medios de la medición de tres cristales.

I	II	III
44°58′	44°59′	44°58′
44 36	44 56	44 50
44 59	45 2	45 20
45 22	44 56	44 45
44 58	45 16	45 7
44 49	—	—
45 3	89 47	89 54
45 15	45 8	45 2

El mineral es muy quebradizo, las agujas se rompen con la mayor facilidad. El ácido clorhídrico caliente no lo ataca notablemente, mientras que el ácido fluorhídrico caliente lo disuelve fácilmente, dejando un residuo carbonoso. El examen químico de la solución demostró la presencia de cal, alúmina y fierro, el último provendrá problablemente de inclusiones de pyrita descompuestas. El estudio microquímico sólo pudo comprobar pequeñas cantidades de sodio; el Sr. Dr. Zimmermann, ayudante en el laboratorio químico de la Academia de Minas de Claustal, encontró por medio del método de Lawrence Smith, 2.65 por ciento de Na_2O,[1] pero nada de po-

1 Como no tenía más que 0.1143 gr. de la substancia á su disposición, y el dipyro examinado, seguramente no fué completamente puro, el resultado del análisis se puede considerar sólo como un valor aproximativo.

tasio. El dipyro de Concepción pertenece pues á las variedades más pobres en sodio de este mineral.[1]

El peso específico es 2.62. El mineral es ópticamente negativo, la refracción de las astillas es aproximadamente 1.55. La coloración negra se debe referir seguramente á inclusiones de carbón y á un poco de pyrita; en astillas delgadas el mineral es transparente y de por sí incoloro.

La diopsida se encuentra en hojitas largas y anchas aproximadamente de 2 á 3 mm. y de un espesor de unos 0.^{mm}5, que miradas superficialmente son de forma oval. Su exterior es fibroso-áspero; estudiándolo más detenidamente se reconoce también con frecuencia una limitación por planos poco claros y ásperos (fig. 2).

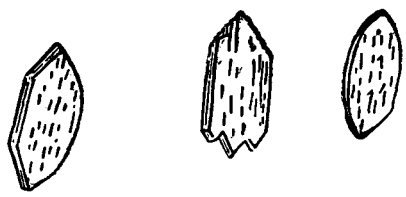

Fig. 2. Hojitas aisladas de diopsida de la caliza con dipyro del Pichacho del Abra. Aumento aproximadamente 8.

Como encierran según la lámina microscópica bastante espato calizo, la influencia de la atmósfera ó el tratamiento con ácidos las hace hasta alguna distancia de la superficie porosas y turbias. Láminas paralelas á la extensión máxima de las hojitas muestran una refracción bastante alta, doble refracción mediana y la salida de un eje. El plano principal es por consiguiente $\infty P \infty$; el plano del eje se encuentra paralelo con la salida de las grietas de crucero muy bien marcadas indicando estas últimas la dirección de $\mathfrak{r}_1$. La hipérbola muestra en el margen interior la cinta azul característica. El peso específico del mineral atravesado por substancia carbonosa, espato calizo, titanita y probablemente también algo de dipyro es mayor que 3. Las inclusiones de líquido con burbuja contenidas en el mineral no dan reacción con un calentamiento débil. No pude encontrar pruebas para formaciones regulares de gemelos p. e. según $\infty P \infty$. El crucero paralelo al eje *c* es bien marcado, además se observa una separación muy pronunciada según $\infty \breve{P} \infty$.

LAS ROCAS DE WOLLASTONITA.

Después del granate la wollastonita es el mineral de contacto más común de la región de Concepción. Aparte de su existencia no muy segura en los mármoles epidotíferos entra en abundancia en la composición de los criaderos metalíferos de Aranzazú, que se discutirán más abajo, se encuen-

1 Salomon Ueber die Kontaktmineralien der Adamellogruppe. *Min. petr. Mitt. N. F. 15*, 1896, p. 159-183.

tra á veces formando peñas acompañado de otros minerales y es por último en las capas metamorfizadas del Portlandiano y del Kimeridgiano el mineral de contacto preponderante, de modo que estas últimas pueden ser designadas en parte como piedras córneas de wollastonita. Ya antes mencionamos su participación en la composición de la cinta de granate.

Muy comunmente se puede ver que la formación principal de wollastonita tuvo lugar en las capas á lo largo de grietas y hendiduras por las cuales fué adicionado ácido silícico ó por las cuales circuló dentro de la roca. Por esto la wollastonita presenta en muchos afloramientos macroscópicos el aspecto de un rellenamiento de grietas.

La localidad más interesante de wollastonita cerca de Concepción es probablemente la masa en forma de dique de un espesor hasta de 4 m. que se observa en la Piedra Cargada en dirección paralela al dique eruptivo y á las capas cretáceas en la cercanía inmediata del primero. El mineral forma, atravesado solamente por un poco de granate de color verde-amarillo y espato calizo, agregados radiales y con fibras paralelas cuyos individuos alcanzan un tamaño de varios centímetros. Un contenido bastante considerable de manganeso de la wollastonita se puede comprobar en la superficie del dique por la coloración parda de los fragmentos descompuestos y por las partes terrosas descompuestas de color pardo obscuro. El mineral muestra al microscopio la situación característica del plano de los ejes y una extinción casi paralela á las fibras. Es claro que esta roca singular de wollastonita sólo pudo formarse con adición de ácido silícico en las capas cretácicas generalmente pobres en ácido silícico. En el detalle se encuentran grietas con wollastonita también en otros tramos de la caliza de la Piedra Cargada.

Igualmente sólo por una adición de ácido silícico puede haberse formado el afloramiento de wollastonita que observé entre el Picacho de Abra y la cumbre del Puerto del Arco cerca del contacto, pero situado todavía en la caliza grafítica y cristalina con Nerineas. La caliza seguramente bastante fracturada y cargada de wollastonita contiene intercalaciones en forma de bolsas ó de diques de wollastonita casi completamente blanca ó gris á causa de las inclusiones de grafita con poca pyrrhotina y chalcopyrita, siendo atravesada por espato calizo. Al lado del último la wollastonita se determina fácilmente en la lámina por estar su refracción ($\alpha = 1.620$, $\gamma = 1.635$) entre ω y ε del espato calizo. Ambos minerales cristalizaron al mismo tiempo. En el espato calizo se encuentran con frecuencia inclusiones de líquido, en la wollastonita sólo raras veces. La última muestra muy claramente el crucero perfecto según $\infty P \infty$, menos perfecto el de OP y $\frac{1}{2}P\infty$ ($\bar{1}02$). El plano de los ejes ópticos se halla en el plano de simetría. El polvo muestra una reacción alcalina viva y se descompone por ácido clorhídrico depositando ácido silícico en capas, fácilmente soluble en una solución caliente de potasa cáustica. Muy poco de granate se encuentra aquí.

Como lo demuestran los análisis de la página 47, las capas del Portlan-

diano y del Kimeridgiano contienen mucha arena cuarzosa repartida por las capas pero poca alúmina, magnesia y fierro. La composición química de las rocas inalteradas corresponde con la mineralógica de sus productos de contacto en cuanto á que los silicatos de cal y alúmina así como de fierro, se encuentran en menor cantidad; las rocas así formadas son en la zona portlandiana piedras córneas con cuarzo y wollastonita, en la del Kimeridgiano rocas calcáreas de wollastonita, ambas en forma de pizarra ó de lajas.

Estudié rocas metamorfizadas del Portlandiano y del Kimeridgiano solamente en la parte meridional de su extensión en los alrededores de Catarroyo y en el valle del Almagre. A pesar de haber recorrido varias veces el camino de Aranzazú, no pude encontrar á lo largo de este la metamorfosis de las capas indicadas por Burckhardt en el plano; probablemente porque el afloramiento está cubierto en este lugar. No dispuse del tiempo necesario para examinar las partes más altas de aquella zona de contacto. Según el plano de Burckhardt se llega á la conclusión que allí la marmorización está limitada á las calizas con Nerineas.

La región entre el Cañón del Almagre, el picacho del Abra y Catarroyo por consiguiente entre el primer valle y el del Arco se compone principalmente de capas invertidas é inclinadas rápidamente hacia el Sureste de la caliza con Nerineas, del Kimeridgiano y del Portlandiano. Como lo deja reconocer el afloramiento de la roca eruptiva en la parte superior del Cañón del Almagre marcado en el plano de Burckhardt, toda esta serie de capas forma solamente una cubierta delgada encima de la masa granodiorítica que aflora en efecto, aunque cubierta en su masa principal por detritus en el valle del Arco hasta alturas considerables debajo de la caliza con Nerineas. La metamorfosis de contacto de esta masa de capas ha de ser considerable según lo dicho.

Las capas metamorfizadas del Portlandiano forman una zona de rocas notables por su dureza en el acantilado austral del Cañón del Almagre. Son rocas negras ó grises que se rompen en fragmentos agudos ó astillas, casi semejantes á pizarras silizosas, con cintas rellenadas de segregaciones claras redondas hasta discoidales de un tamaño desde pocos milímetros hasta varios centímetros, en las cuales al principio se cree reconocer una estructura nodulosa primaria de las capas. Con la lente se observa que las segregaciones pequeñas están formadas de wollastonita radiada; las de tamaño mayor presentan la misma estructura microcristalina que las piedras córneas mismas. Están íntimamente ligadas con la masa principal y representan macroscópicamente partes de la roca más pobres en carbón, pero deben tener también una composición mineralógica distinta, lo que resulta de su más fácil alterabilidad, la cual engendra á veces cavidades que dan á la roca un aspecto que recuerda el Kramenzelkalk. Muchas muestras contienen partículas de pyrita en gran cantidad, las cuales descomponiéndose dan productos de alteración oxidados. La frecuencia de wollastonita en rayos

gruesos formando individuos de varios centímetros de longitud de 1–2 mm. de ancho en las grietas de la roca es notable. El corte transversal de los cristales muy descompuestos es casi cuadrangular y corresponde probablemente á la combinación OP, $\infty P \infty$. Según su naturaleza química y su refracción hay que considerar como wollastonita á ciertos rellenos de grietas radiados y semejantes á wavellita.

Las seis láminas en cuestión dejan reconocer diferentes estados de metamorfismo de contacto. Al lado de mucho cuarzo, comparado con el cual el espato calizo disminuye á veces considerablemente, se observa siempre substancia carbonosa, pyrrhotina ó pyrita, más ó menos wollastonita, un poco de diopsida, por lo general pequeñas cantidades de granate incoloro, rutilo y muchas veces grandes cantidades de titanita. La presencia de los minerales de titanio se explica por el contenido de titanio de las rocas inalteradas que pudo comprobarse por los análisis. Por la participación de mucho material clástico en la composición de las capas primitivas se explica fácilmente la presencia accesoria de un cristalito de jergón.

A veces la transformación consiste sólo en una recristalización del cuarzo al lado de una formación nueva en pequeña escala de prismas aislados de wollastonita y de agregados de diopsida. Inclusiones esparcidas opacas ó generalmente formadas de grafita dificultan el examen detallado de estas rocas con grano tan fino compuestas de granos cuyo tamaño alcanza apenas 0.01 mm. Otro período de la transformación está indicado por la formación de wollastonita radiada que forma pequeñas capas apenas de un milímetro de tamaño y separadas por intersticios de igual ancho. El resto de la roca está impregnado con carbón tan abundante que la lámina resulta negra y casi opaca. Adentro de las bolsitas claras de wollastonita el carbón en ciertas partes sufrió una concentración, siendo entonces algunos prismas de wollastonita semejantes á la chiastolita en su núcleo completamente rellenados con grafita. En las partes poco ó nada alteradas de la lámina, á veces sólo pocos milímetros distantes de las bolsitas de wollastonita, se observan claramente conchitas silizosas de protozoas reconocibles por sus cámaras y sus poros, así como agujas de esponjas silizosas. Esto se explica por el hecho notable y macroscópicamente visible de que la formación de la wollastonita tuvo lugar durante una migración de materia á lo largo de grietitas múltiples finísimas en parte paralelas á la estratificación, en parte oblicuas con ésta, que presentan al microscopio un curso sinuoso, caprichoso, y que se pueden acumular en los puntos de fracturamiento (lám. IX, fig. 1). Un examen minucioso muestra que las bolsitas de wollastonita no están aisladas sino conectadas entre sí por tales grietitas. Por éstas tuvo también lugar la adición de pyrrhotina; en las rocas menos alteradas están rellenadas por lo general con cuarzo y espato calizo. A lo largo de las grietitas se observa al microscopio una decarbonización notable de la roca.

Una roca muy alterada con manchas claras producidas por segregaciones de wollastonita se compone principalmente de cuarzo y wollastonita con

estructura de contacto. La última se presenta tanto fibrosa como en partes irregulares semejantes á esqueletos; sus propiedades ópticas no dejan ninguna duda sobre su naturaleza. Está íntimamente ligada con cuarzo y un poco de espato calizo; el primero forma, por decirlo así, una pasta fundamental de la roca con una estructura que se asemeja á la cataclástica y con extinción ondulosa. En cantidades relativamente grandes se encuentran pyrrhotina en parte cristalizada en forma de láminas exagonales. Granate incoloro se encuentra sólo en pequeñas cantidades; en su interior se observan coronitas de substancia opaca. La diopsida también bastante rara se reconoce por su ángulo grande de extinción; también está á veces rellenada por inclusiones carbonosas. Muy comunes son acumulaciones de granitos de titanita con un pleocroismo claro entre rojo y amarillo-verdoso. Ciertos granitos amarillos pardos con caras muy indistintas y con fuerte refracción, sólo pueden tomarse como rutilo. En ambos minerales se observa el contenido de titanio que puede ser comprobado por análisis en la roca inalterada. A veces se observa también un cristalito de jergón.

Dos análisis hechos por el señor Doctor Zimmermann, de una piedra córnea rica en segregaciones claras y grandes de wollastonita (comp. p. 75) dieron la composición siguiente:

SiO_2	87,78	87,77
Al_2O_3	4,54	6,03
FeO	0,11	
P_2O_5	0,64	
TiO_2	0,79	
CaO	3,77	3,61
MgO	cantidades mínimas.	.....
Pérdida al rojo	1,40	1,40
	99,03	98,81

Las substancias alcalinas no fueron determinadas.

A las piedras córneas de wollastonita pertenece también una roca muy compacta del Kimeridgiano que se observa detrás del tiro de Catarroyo en el contacto inmediato. Al microscopio se presenta un tejido irregular de agujas é individuos más anchos de wollastonita; los últimos alcanzan un tamaño de varios centésimos de milímetro y pueden ser determinados con seguridad. Contienen inclusiones de líquido así como el cuarzo que forma en grandes cantidades los intersticios. El espato calizo desapareció también aquí completamente. En cambio se ve un poco de diopsida, bastante titanita y también algo de jergón. Granate sólo se encuentra en pequeñas cantidades.

De las rocas de contacto ya descritas de la zona kimeridgiana y portlandiana se distinguen en parte las capas grafíticas de la cresta entre Catarroyo y la mina La Cruz. El grado de la formación de wollastonita es muy variado sobre todo en esta zona. En parte se observan solamente calizas

arenosas relativamente poco alteradas y algo desagregadas por la descomposición. Una recristalización ha tenido ya lugar. El espato calizo encierra inclusiones de líquido así como el cuarzo en el cual forman coronitas muy claras. La substancia carbonosa se enriqueció en segregaciones manchadas obscuras y se encuentra también como inclusión en el cuarzo nuevamente formado. La pyrrhotina inmigró por grietitas, pero solamente se formó muy poca wollastonita. Del mismo lugar tengo también rocas que pueden designarse como rocas de wollastonita radiada, grafíticas. mientras que en otra parte de la misma muestra se parecen á una piedra córnea compacta negra. Muestras descompuestas que provienen de las capas negras apizarradas de la mina La Cruz dejan ver en su superficie nódulos muy prominentes de un ancho de varios milímetros que corresponden á segregaciones de wollastonita en forma de bolsitas.

De todo esto resulta que la formación de wollastonita en toda la zona kimeridgiano-portlandiana no puede quedar explicada por una simple recristalización de cal y ácido silícico contenidos en las capas. Contra esta suposición se opone su distribución irregular en la zona metamorfizada, en la misma muestra y hasta en la misma lámina. El contenido de ácido silícico de las rocas de contacto como se puede ver desde luego por las grandes cantidades de cuarzo al lado de la wollastonita (con 51.75% SiO_2) y sobre todo por el análisis de la pág. 56 es muy alto, mucho más alto que lo que se hubiera podido esperar según los análisis de las págs. 47, 48 y 49. Correspondería más bien á areniscas calcáreas que á calizas arenosas las cuales deberían contener también en estado metamórfico al lado de cuarzo y wollastonita todavía cantidades notables de espato calizo. Burckhardt no menciona la presencia de areniscas en la formación jurásica, ni yo encontré tales rocas. De esto resulta con mucha probabilidad que el metamorfismo de esta serie de capas sólo tuvo lugar bajo la adición de ácido silícico. En contradicción con esto no se encuentra el hecho que en las rocas menos alteradas se observan todavía grietitas y redes de ellas que pueden explicarse quizá por una contracción, consecuencia de un calentamiento y á lo largo de las cuales tuvo lugar la formación de wollastonita y la inmigración de minerales. Es notable también la adición en pequeña cantidad de sulfuro de fierro en la roca. Se puede decir que la composición de las rocas de wollastonita sólo corresponden por la calidad á la composición original de materia de las capas jurásicas primarias sustituídas por ellas, pero de las cuales se distingue por la cantidad de ácido silícico contenido en ellas.

Las capas normales del Kimeridgiano y Portlandiano contienen en parte cantidades considerables de ácido fosfórico y de fluor (comp. p. 48), por esto me llamó mucho la atención que no pude comprobar con seguridad en ninguna de mis láminas la existencia de apatita. El análisis (p. 56) también da para la roca del contacto solamente un contenido muy pequeño de fosfato. En una lámina encontré ciertos agregados incoloros de mucha refracción que no pude determinar con seguridad y que quizá pudieran ser

apatita. Pero nunca pude encontrar este mineral en cantidades considerables. Esto es tanto más raro que ya durante mis estudios y colecciones en el campo me preocupé mucho por la existencia eventual de fosfatos en aquella zona de contacto. La suposición que los rellenos que se encuentran en las piedras córneas y que contienen en parte fierro pudieron consistir más ó menos de fosfatos no se confirmó. Al Sur de Catarroyo indicó Burckhardt en su plano una mina de turquesa.[1] En aquel lugar durante el tiempo de mi visita la pequeña mina de cobre de La Cruz explotó minerales secundarios de cobre muy cerca del contacto de las capas kimeridgianas con la granodiorita. De aquel lugar poseo buenas muestras de allofana de las cuales hablaré más adelante. No pude hallar turquesa y mi guía muy conocedor de la localidad, un peón, tampoco supo nada de la existencia de dicho mineral. Como el Sr. Burckhardt me asegura expresamente la presencia del mineral[2] no lo pondré en duda; pues se explicaría por el contenido de fosfatos en las capas y quizá por la descomposición del feldespato de la granodiorita, el cual también dió la alúmina para la allofana. En las inmediaciones de La Cruz en el lugar donde una vereda de Cabrestante á la mina pasa por la cresta, encontré en una cata antigua insignificante, costras delgadas de un mineral azul claro de esmalte botroide que rellena las grietas de las pizarras de wollastonita. Es insoluble en ácido clorhídrico, sólo lentamente soluble en potasa cáustica, isotropo, de fractura conchoidal y resultó ser ópalo. Fragmentos aparecen de color pardo claro en la luz incidente, azul del cielo en la luz reflejada. El ópalo se formó seguramente por la alteración de la wollastonita; su color parece provenir de adiciones orgánicas coloidales.

1 Esta opinión del autor es errónea, en la carta de Burckhardt se encuentra sólo la indicación de la existencia de turquesa, pero no la de una mina de este mineral. (*Nota de los traductores.*)

2 La localidad principal de turquesa de la región es la de Santa Rosa, cerca de Mazapil. El químico del Instituto Geológico de México Dr. V. von Vigier, había empezado los análisis de aquella turquesa y de la de Catarroyo; sus investigaciones no se terminaron desgraciadamente por su muerte prematura. El Sr. Dr. Burckhardt me escribe sobre este asunto:

"El análisis de una muestra de Santa Rosa dió:

H_2O á 100°	1,00
H^2O á más de 100°	18,33
Cu O	8,84
Sio_2	1,70
Al_2O_3	31,60
P_2O_5	34,89
	96,36

MnO, CaO y MgO no se determinaron.

La parte analizada es azul y bastante dura, pero en la misma muestra se encuentran alrededor del núcleo analizado masas mucho más blandas y blanquizcas, seguramente alteradas, evidentemente procedentes del núcleo por descomposición. Estas últimas no se pudieron analizar completamente; contienen P_2O_5 pero sólo poco.

En Catarroyo se encuentran completamente las mismas masas blanquizcas, las cuales contienen aquí sólo huellas de P_2O_5. Basándonos en todo esto creemos que las masas blanquizcas representan los productos de descomposición de las turquesas." Parece que no hay análisis de estas últimas.

LAS ROCAS DE GRANATE Y VESUVIANITA EN EL CONTACTO INMEDIATO

Las rocas de granate y vesuviana ambas con espato calizo y otros silicatos subordinados como diopsida y escapolita y muchas veces con un contenido por lo menos pequeño de chalcopyrita, parecen rodear toda la periferia del macizo granodiorítico y están además ligadas con masas pequeñas de roca eruptiva. El granate tiene una repartición mucho mayor que la vesuviana.

Fragmentos de roca de granate casi incolora, de color verde amarillo ó más raras veces pardo de los cuales fué lixiviado el espato calizo y los cuales muestran á consecuencia de esto una estructura drúsica, se encuentran en gran cantidad en el Valle del Arco juntos con fragmentos de roca de vesuviana muy semejante; forman allí en partes las acumulaciones de pedruzcos que cubren la parte superior de la pendiente. La roca de granate es de dos clases. El granate rojo–pardusco también amarillo–pardusco ó rojo color de jacinto, está íntimamente ligado con ortoclasa granulosa, aparentemente con plagioclasa fibrosa así como con cuarzo, hornblenda y epidota y muestra una estructura conchoidal perfecta, la cual permite que se puedan sacar de los cristales núcleos de otro color y limitados por caras. Estos fragmentos se parecen á la inclusión en la granodiorita descrita en la pág. 21 que se halla cerca de la Fundición vieja. El granate amarillo–verdoso, á veces muy poco colorido, en las drusas está á su vez atravesado por espato calizo y pyritas. Los primeros fragmentos que se encuentran con menor frecuencia parecen derivarse de inclusiones, los últimos representan el material del contacto inmediato más allá de la cinta de granate. Nunca observé en el Valle del Arco cristales de granate y vesuviana en la misma muestra; pero el examen microscópico de rocas compactas de granate y vesuviana comprobó la presencia simultánea de ambos minerales.

El granate muestra ∞ 0 (110) y 202 (112), generalmente combinados y á veces predomina una, otras veces otra de las caras. Por lo general predomina en cristales pequeños 202, en grandes ∞ 0, pero esto no constituye de ningún modo una regla; sólo una vez observé en un cristal pequeño las aristas de 202 aparentemente obtusas por $\frac{3}{2}$ 0 (323); pero no se pudo decidir si se trataba realmente de esta cara ó de un cambio oscilatorio de 202.

Cierto número de muestras de la zona inmediata del contacto ha sido examinada en láminas.

En la Piedra Cargada, calizas cretácicas son atravesadas por un dique eruptivo el cual, como ya lo mencionamos en la pág. 31, ha sido transformado con intensidad por reabsorción de cal, y en parte hasta en una roca de granate. Como en donde la zona marginal de la roca eruptiva está transformada en roca de granate, es decir, la cinta de granate, no hay una separación clara entre ella y la roca de granate formada de la caliza y como la última íntimamente ligada con la cinta de granate sólo empieza en don-

de las pseudomorfosis de plagioclasa ya no existen, así también en la Piedra Cargada es casi imposible separar en el campo la roca compacta intensamente alterada del dique de la roca de granate eruptiva.

La Piedra Cargada es un arrecife de roca granatífera que se presenta allí con una potencia de 3 m. por lo menos. Cerca de la estación se catearon minerales de cobre y se produjo así un afloramiento no muy claro. Tomo las notas siguientes literalmente de mi libro de apuntes, del cual reproduzco también la fig. 3.

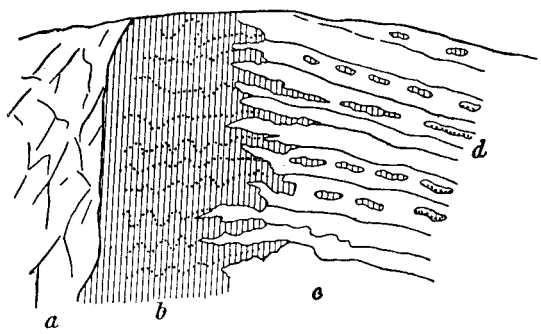

Fig. 3. Corte en la Piedra Cargada.—*a*. dique eruptivo sumamente alterado por reabsorción de cal.—*b*. roca de granate granulosa ó compacta con indicación de las cintas y capas primarias.—*c*. caliza cretácica estratificada.—*d*. pedernal metamorfisado en roca de granate: á la izquierda completamente, más lejos á la derecha sólo exteriormente. Escala 1:100.

"En la cata de cobre. Algunos metros de masas de roca de granate con huellas de cobre, entre ellas una parte calcárea de un metro de grueso y de 2 á 3 metros de largo, solamente marmorizada y mostrando á lo largo de ciertas rayas y riñones una transformación completa ó regional en granate. Algunas partes de la caliza se transforman con más facilidad que otras. La roca de granate misma muestra estrías conforme á la estratificación y los bancos y lechos anteriores, presenta huecos por la lixiviación de $CaCO_3$ y contiene también restos no alterados de caliza. La transformación de la caliza en granate se hace también en bolsitas, el límite entre la roca de granate y la caliza es irregular, escotado y entonces parece que en la transformación tomaron parte líquidos disolventes. En el rumbo la tranformación es interrumpida probablemente, el mismo banco calcáreo grafítico es en parte solamente poco alterado, en parte á pocos decímetros de distancia transformado en granate rico en drusas con espato calizo de grano grueso. En el límite entre la roca de granate y la caliza la estructura en capas es poco clara pero la estratificación de la caliza se puede reconocer todavía con claridad por las cintas de la primera." Esta ha sido la primera impresión que tuve de esta formación de contacto.

De mucha importancia para la comprensión de la metamorfosis en la región de Concepción es el hecho de que precisamente los riñones é intercalaciones de pedernal contenidos en los horizontes más distintos de la serie de calizas fueron transformados primeramente en roca de granate y que esta transformación se realizó desde afuera hacia adentro. La explicación más

sencilla para esto podría ser la suposición de que los pedernales son solamente concreciones ricas en ácido silícico de una caliza arcillosa y de por sí tan ricos en cal y arcilla que por transposición molecular pudo haber tomado su origen desde luego el granate. El resultado del examen químico está en desacuerdo con esto.

Intercalaremos aquí algunas consideraciones sobre estas inclusiones de pedernal. Todos los sedimentos alrededor de Concepción y también más al Oeste en la región de Mazapil, en donde se encuentran en condiciones completamente normales y sin metamorfosis de contacto contienen un poco de ácido silícico sea en forma de una mezcla arenosa ó sea en la de pedernal. Este último se encuentra en nódulos de tamaño muy distinto y en lentes gruesas hasta varios centímetros, así como en cintas semejantes á pizarras silizosas tanto en las calizas con Nerineas como sobre todo en las capas del Cretácico medio. Por lo menos en parte tomaron su origen por la transposición y concentración del contenido original de ácido silícico en las calizas, siendo entonces á veces la cal completamente sustituída por ellos. Considero como una prueba para la transposición secundaria del ácido silícico en las calizas el hecho de que como residuo de una caliza mesocretácica disuelta de Mazapil obtuve solamente cristalitos pequeñísimos de cuarzo muy bien definidos en ambos lados, pero nunca ácido silícico en forma orgánica como p. e. de conchas de radiolarias. A veces la sustitución de la caliza por la inmigración del ácido silícico tuvo lugar en dirección centripetal y en forma de costras. de modo que por la descomposición de la caliza se engendran masas de pedernal redondas y huecas ó hasta tubiformes recordando algo á huesos huecos. En un pedernal de Mazapil observé una impresión de una amonita y una concha de un bivalvo; la última ha sido transformada en ácido silícico.[1]

La formación de pedernal tuvo lugar antes de la metamorfosis de contacto.

Los pedernales consisten probablemente por lo general de ácido silícico casi puro con un poco de substancia carbonosa. Examiné dos muestras del Cretácico medio desde este punto de vista. Una de ellas de la Sierra de Mazapil, fué lavada primero con ácido clorhídrico para quitar de las grietas el espato calizo quizá presente, entonces pulverizada y después tratada con ácido clorhídrico, sin que haya resultado una pérdida de peso. Después de un tratamiento prolongado con ácido fluorhídrico quedó un polvo colorido por una substancia carbonosa parda que dió después de calentar al rojo un residuo muy pequeño colorido de rojo por óxido de fierro. Otra muestra proviene de las inmediaciones del contacto de la Piedra Cargada. El pedernal muestra en grietas un poco de wollastonita que ha sido quitada antes

1 De un modo muy semejante se habrán formado los pedernales también exteriormente semejantes que se encuentran en grandes cantidades en el Muschelkalk y en las calizas de Partnach de los Alpes de Baviera. En el Muschelkalk de la región de Partenkirchen encontré en ciertos lugares Terebratulas en gran cantidad, cuyas conchas eran total ó parcialmente silicificadas.

del examen. Al ahumar con ácido fluorhídrico y sulfúrico y calentar al rojo quedó un residuo de más ó menos 3 por ciento de la substancia.

La transformación del perdernal en roca de granate sólo puede haberse efectuado por una inmigración de cal, alúmina, óxido y oxídulo de fierro en los riñones. En favor de esto habla también la transformación dirigida de afuera hacia adentro.

Las láminas de la roca de granate compacta de la Piedra Cargada muestran sobre todo individuos grandes de granate con fenómenos excelentes de la anomalía óptica, además diopsida y cuarzo, en parte también espato calizo, apatita y vesuviana.

El granate que prevalece tiene una tendencia á formar drusas limitadas por caras y á desarrollar cristales. Es casi incoloro. La anomalía de los cristales claros como agua se observa en los fenómenos siguientes que corresponden en lo general al tipo dodecaédrico de ellos pero que son probablemente influenciados por la presencia de 202.

1. Cortes exagonales más ó menos perpendiculares al eje de simetría trigonal. El plano de la sección se divide á veces en un campo central y seis campos laterales trapezoidales; en este caso el campo central forma también un exágono. Con más frecuencia los campos situados detrás de los planos dodecaédricos no alcanzan los lados del campo central, de modo que el último presenta la forma de un polígono con menos de seis lados, por ejemplo de un rombo.

El campo central resultó ser generalmente isotropo (fig. 4). De los campos laterales muestran cada dos opuestos más ó menos una extinción simultánea. La división en campos que se forma entre los nicols cruzados es por

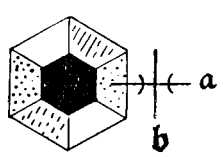

Fig. 4.

lo general no muy bien limitada y al girar la preparación la obscuridad puede caminar de un modo onduloso de campo en campo, y del mismo modo de las márgenes hacia el centro, de manera que allí se ve sólo en ciertas posiciones un campo obscuro que se vuelve claro mientras que se obscurecen por rotación varios campos marginales. Entre los últimos se observan por lo general líneas obscuras diagonales que cambian de posición á veces al girar, pero que quedan en lo general obscuras y en la misma posición. A la luz polarizada simple no se observa nada de particular en el lugar de ellas. Adentro de los campos se suceden desde afuera hacia adentro rayas con refracción y doble refracción diferente. Por lo general la dirección de la elasticidad óptica máxima es perpendicular á la proyección de los planos dodecaédricos; los campos marginales dan una imagen poco clara biaxial del eje.

En vez de los seis campos marginales aparece á veces un número menor pudiéndose juntar dos triángulos ó trapecios cercanos en un campo único ópticamente más ó menos homogéneo.

2. En cortes regulares cuadrángulares más ó menos paralelos á $\infty O \infty$ los fenómenos son análogos. El cuadrado está dividido en cuatro triángulos ó en cuatro trapecios y en un plano medio cuadrado que por su parte es á veces completamente isotropo (fig. 5). Los campos marginales opuestos uno

Fig. 5.

al otro se extinguen casi al mismo tiempo; las estrías obscuras que se observan entre los nicols cruzados entre ellos pueden ensancharse al girar y de ellas se propaga entonces también un obscurecimiento onduloso de los campos. La elasticidad óptica mayor se encuentra de nuevo en la dirección perpendicular á la proyección de los planos dodecaédricos.

Los colores de interferencia del granate son más bajos que los del cuarzo. Una vez observé que una zona con mayor doble refracción fué al mismo tiempo la de menor refracción para ambos rayos. En una preparación el granate se halla rellenado y turbio como la diopsida por inclusiones pequeñísimas densamente aglomeradas cuya acumulación zonal produce el aspecto de una estructura conchoidal.

Los cortes de la diopsida incolora muestran muchas veces extremos de pirámide aguda. La oblicuidad de la extinción llega hasta 45°. Muchas veces el mineral se observa en segregaciones de forma de esqueleto íntimamente ligado con granate.

El cuarzo aparece como un relleno de drusas entre los silicatos y podría considerarse primeramente como impregnación más moderna. Pero que ha sido formado por el mismo proceso que aquellos, resulta del hecho de que incluye numerosos granos y en parte cristalitos libres de tales ó se liga íntimamente con ellos como en la estructura de contacto.

Una de las muestras examinadas (lám. IX, fig. 2) contiene todavía espato calizo en abundancia y en él se encuentran incluídos los granates anómalos transparentes como agua, descritos ya y agregados radiales de vesuviana. Esta se reconoce por su eje único, su carácter óptico negativo, su refracción débil y forma columnitas de la combinación ∞P, $\infty \breve{P} \infty$ con extremo obtuso-piramidal. En la lámina tiene un color amarillento con pleocroismo marcado $\omega > \varepsilon$. El espesor de las agujas es de algunos centésimos de milímetro. Terminan con límite marcado en los cristales de granate. Estos son aquí enteramente libres de inclusiones aparte de algún fenocristal ocasional de espato calizo. El espato calizo es muy rico en cavidades tubiformes rellenados por lo menos en parte con líquido y muestra una estruc-

tura fibrosa torcida; las agujas de vesuviana incluídas en él están varias veces fracturadas y quebradas.

En las muestras pobres en espato calizo y compuestas de granate y diopsida la apatita forma un componente notable. La observé solamente en láminas. En ellas se ven cortes exagonales no muy claros que dan netamente la imagen del eje y además los cortes también imperfectos de la zona prismática. Por sus dimensiones mayores, por su contorno no muy claro y por el tamaño de las inclusiones de líquido contenidas en ella que dan un aspecto escorioso–poroso á los cortes se distingue esta de la apatita, de la granodiorita y más bien se parece á la de la cinta de granate. Las condiciones ópticas no dejan ninguna duda respecto á la naturaleza del mineral.

Una cantidad sorprendente de roca de granate se encuentra en el contacto de una intrusión de granodiorita casi en el límite entre las capas del Portlandiano y del Cretácico en el camino de Aranzazú. Aquí como en el Puerto del Arco la cinta de granate está muy bien formada. Las capas de la roca de granate misma muestran un efecto de presión lateral en pequeños pliegues de un centímetro de largo, las calizas adyacentes un encorvamiento fuerte y un plegamiento. En la primera los pedernales transformados se reconocen claramente por su estructura mucho más compacta; en ellos se observan fracturamientos y separaciones transversales.

Una roca del contacto inmediata á la granodiorita cerca del afloramiento de vesuviana en el camino de Aranzazú, es aparentemente una roca de granate compacta pardusca; la roca eruptiva misma contiene un poco de granate habiendo sido transformada parcialmente en epidota. Aquella roca de granate está formada por un granate íntimamente ligado con un poco de diopsida incolora y de espato calizo como se observa en la estructura de contacto. El granate tiene una anomalía óptica débil y muestra á la luz polarizada simple, un cambio zonal de conchas con refracción diferente. La diopsida contiene inclusiones de líquido; en un macle que se extingue simétricamente según $\infty \overset{P}{\wedge} \infty$ es $c : c$ en promedio $= 38°$, mostrando un corte perpendicular al plano de la simetría un eje con dispersión muy clara $\rho > \nu$. La apatita también parece ser muy escasa.

Una roca de granate y diopsida del socavón general de la mina de Aranzazú llama la atención porque deja reconocer de un modo excelente é indudable la transformación y sustitución de una roca de diopsida por un granate inmigrado (lám. IX, fig. 3).

La muestra aparece como roca de granate con un poco de mineral de cobre, en parte compacta como roca córnea, en parte cristalina. De la última se destacan aparentemente cristales, pero de hecho son nada más planos de separación de granates conchoidales á veces paralelos con el dodecaedro. Entre los planos de separación se observan películas delgadas de espato calizo. Restos grandes y pequeños de diopsida gris–verdosa (salita) se encuentran esparcidos por la roca de granate; con la lente se reconoce que están atravesados por venas de granate. En un lugar se formó un de-

pósito cuantioso de mineral de cobre con un poco de hematita y mucho cuarzo; allí la diopsida está transformada en amfíbola gris-verdosa clara, al microscopio irregularmente fibrosa, débilmente pleocroítica.

La sustitución de la diopsida por el granate se puede seguir muy bien con aumento débil en la lámina; se observa en individuos prismáticos anchos radialmente ordenados y largos de más de un centímetro. En la lámina aparece incolora habiéndose determinado la oblicuidad de extinción mayor *c*: como 48°. Láminas de gemelos son frecuentes. El fenómeno del espato calizo atravesado en abundancia, en gran parte bajo la forma de fenocristales mínimos, parece ser primario, dejando aparte numerosas vetas de espato calizo indudablemente moderno. En cambio también se ven algunas masas de espato calizo atravesadas por agujas y agregados de diopsida.

El granate es en la lámina de un color amarillo claro como casi todos los granates encontrados en la rocas del contacto de Concepción. Las partes de mayor tamaño son agregados de individuos netamente anómalos y conchoidales. Además de varios fenómenos ópticos estas conchas se reconocen en parte por sus inclusiones de espato calizo ó por infiltraciones secundarias pardas á lo largo de planos de separación. A lo largo del límite de tales agregados de granate con la diopsida se observan parcialmente partículas abundantes de chalcopyrita ó una zona muy bien límitada hacia dentro que parece turbia por inclusiones inumerables ya con aumento débil. Estas inclusiones se componen de aglomeraciones por lo general irregulares, alargadas, translúcidas, de color pardo obscuro de una substancia semejante á polvo y alcanzan diámetros transversales de 0.015 mm. y más; al lado de ellos se ven también cavidades de una forma muy parecida. El ancho de esta zona marginal es por lo general de 0.05 mm. Hacia el interior del granate la zona parece por lo general netamente cortada por un límite anguloso. El granate es en aquella zona completamente isotropo de modo que el curso de ella puede reconocerse aun entre nicols cruzados.

Desde las segregaciones de granate de algún tamaño atraviesan la diopsida venas de granate numerosas á veces casi paralelas, otras veces juntándose en un curso arqueado conectadas por vetas transversales ordenadas en una red irregular con mallas estrechas. Se juntan en bolsitas más anchas de las cuales irradian de nuevo venas de granate. La diopsida aparece como impregnada con substancia de granate y desaparece á veces entre ella hasta los últimos restos desgarrados. La penetración de la pyroxena por el granate, no es de ningún modo la consecuencia de un fracturamiento anterior de la primera, ésta en el momento de la inmigración de granate no ha sido una brecha; pues las partes del mismo individuo de pyroxena separadas ahora entre sí por muchas venas de granate muestran todavía la misma orientación y no dejan reconocer los menores indicios de un movimiento. Ciertos lugares en los cuales se ven bolsitas de granate de mayor ancho ofrecen por esto á la primera vista la imagen de una penetración granofírica; pero no es posible pensar en ello en vista del fenómeno general.

La formación del granate tuvo lugar sólo en casos raros en la dirección del crucero prismático. A veces las venas de granate tienen un curso perpendicular á éste ó por lo general en ángulos agudos en parte apenas de 5°. En muchos individuos se observan varias direcciones que se cortan, pero entonces una preponderante se hace notar por lo continuo de su curso, el gran número y el paralelismo de las venas de granate que le siguen. En varios cortes cercanos de diopsida se nota entonces una orientación diferente de las venas. Muy bien resalta todo este fenómeno entre nicols cruzados. La relación entre ambos minerales se caracteriza mejor diciendo que el granate se ha ido introduciendo por corrosión en la diopsida; para la dirección de su avance parecen haber sido de importancia los planos de separación á lo largo de los cuales se tocaron los individuos de diopsida ordenados en rayos divergentes, pero en el caso de que las venas de granate forman ángulos grandes con el crucero, es probable que hayan desempeñado cierto papel las direcciones de menor resistencia química.

De un modo semejante que por el granate, la diopsida está sustituída á veces por el cuarzo. Este se encuentra parcialmente como acompañante del granate y lo envuelve hacia la diopsida formando así en las venas en cierto modo las salbandas. Se extiende entonces probablemente más que aquél y sustituye con frecuencia á la diopsida tan completamente, que sólo se encuentran esparcidos por el cuarzo agregados fibrosos orientados del mismo modo que ella. Con el granate y cuarzo tuvo lugar quizá un depósito más moderno de un poco de espato calizo y chalcopyrita.

La roca de granate y diopsida ahora descrita ofrece un nuevo ejemplo excelente de una segunda adición de agencias depositadoras de granate en rocas ya formadas á lo largo de la zona de contacto. Sorprende la falta de silicatos de magnesia típicos que se esperarían en la transformación descrita de la diopsida. Se podría quizá considerar como tal la tremolita (véase arriba) que se presenta en la muestra como producto de alteración de la diopsida, pero que no se observa en la lámina como acompañante necesario del granate. Quizá se puede dar una idea del curso de la transformación por el esquema siguiente, en el cual ciertamente no puede indicarse la combinación especial bajo la cual la alúmina y el óxido de fierro influyeron en la diopsida:

$$3\,CaMg(SiO_3)_2 + (Al, Fe)_2O_3 = Ca_3(Al, Fe)_2(SiO_4)_3 + 3\,MgSiO_3$$
$$\text{y } 3\,CaMg(SiO_3)_2 + 6\,MgSiO_3 = 3\,CaMg_3(SiO_3)_4$$

Aquí mencionaré además la única roca de contacto verdadera que recogí en la región de Concepción que contiene fósiles reconocibles aun sin lente; es una roca de cuarzo, granate y diopsida del terrero de la mina San Carlos cerca de Aranzazú. La muestra consiste en gran parte de una mezcla que describiré más adelante que contiene menas y está formada por espato calizo, cuarzo, un poco de granate amarillo y wollastonita radiada. En ella yacen partes irregulares pardo-claras de una roca completamente

compacta, en ciertos lugares atravesada por venas de espato calizo y también con inclusiones de granate amarillo, tetraedrita, bornita, y chalcopyrita. Están rellenados con fósiles que se asemejan á caracoles ó recuerdan grandes Globigerinas. Al microscopio se ve que la roca es una mezcla de grano muy fino compuesta de diopsida radiada, granate y cuarzo. En el lugar de las conchas calcáreas se introdujo principalmente granate, el interior se encuentra á veces rellenado por agregados de grano más grueso de los minerales mencionados ó bien consiste, como lo enseña la muestra, de espato calizo. En ciertas partes los fósiles han sido sustituídos casi completamente por mena, cuarzo y granate amarillo.

Como lo muestran los análisis de la cinta de granate (pág. 41) y el análisis que mencionaremos más adelante del granate de El Carmen, los granates de las formaciones de contacto de Concepción pueden ser considerados en su mayor parte como granates de cal y fierro más ó menos ricos en alúmina (aplom).

La vesuviana se formó en las mismas condiciones que el granate que la acompaña, pero el último tiene una distribución mucho más extensa y se observa á distancias mucho mayores de la roca eruptiva. Encontré la vesuviana aflorando sólo en las inmediaciones del contacto como componente de la roca de granate de la Piedra Cargada y en cantidades mayores en el mármol de la localidad, ya varias veces mencionada, en el camino de Aranzazú. En pedruzcos rodados se encuentran con frecuencia en el Valle del Arco y en el Cañón del Almagre; forma además un componente de la piedra córnea de cal y silicato compacto extraída de la mina Cabrestante.

En el Valle del Arco se encuentran entre los escombros de roca de granate fragmentos de roca de vesuviana drúsica muy semejantes á la primera. Los cristales de color de aceituna, apenas de un centímetro de largo, prismáticos cortos, más raramente con caras piramidales preponderantes, suelen estar pegados con las caras prismáticas. Revisten las grietas de la roca semejante á piedra córnea de cal y silicato que consiste probablemente en su mayor parte de vesuviana ó atraviesan el mármol en una red de mallas angostas de venas. Por la descomposición del mármol se forma un tejido especial de varillas con intersticios poliédricos. Caras preponderantes son (110) ∞ P; (111) P; (100) ∞ P ∞; á estos se agregan muchas veces (001) OP; (101) P ∞; (311) 3P3; (331) 3P y (310) ∞ P3. En muchas muestras la riqueza de caras de los cristales es mayor que en otras.

Se tomaron las medidas de 7 cristalitos; en seguida doy los valores medios de las medidas.

(101) (001) =	P∞ : 0P	28°24½′	28°32′	28°26′
(111) (110) =	P : ∞P	52 17	52 22	
(101) (100) =	P∞ : ∞P∞	61 13		
(111) (101) =	P : P∞	25 12	25 3	25 15
(111) ($\bar{1}\bar{1}$1) =	P : P	74 50		
(111) (331) =	P : 3P	28 45	29	

(111) (311) = P : 3P3	29°17½′	29°49′	29 16′
(100) (311) = ∞P∞ : 3P3	35 22	35 46	
(100) (310) = ∞P∞ : ∞P3	26 37		
(110) (310) = ∞P : ∞P3	18 22½		

Vesuviana pardo-clara radiada se encontró como relleno de grietas en un canto rodado del Cañón del Almagre. Está acompañada de chalcopyrita y pyrrhotina.

Por el camino de Concepción á Aranzazú, construído por la Compañía minera, se descubrió arriba de la cascada el afloramiento más rico de vesuviana de la región. Desgraciadamente nadie se preocupó ni de este ni de otros lugares ricos en minerales y no se hicieron colecciones, y lo que ahora se puede sacar de la roca triturada por la dinamita no vale la pena. La localidad se distingue por fenómenos de contacto muy intensos. La caliza está atravesada por apófisis finos de granodiorita, en parte también transformada en la roca de granate y diopsida descrita antes; la roca eruptiva misma está rellenada por granate de color diferente por lo general negro-pardusco y contiene las segregaciones antes descritas de plagioclasa fibrosa (véase pág. 28). Los fragmentos que examiné muy incompletos de cristales dejan reconocer que la vesuviana se encontraría en cristales largos de varios centímetros al abrir con cuidado la localidad. Está acompañada por espato calizo azul, del cual se deja aislar por ácido también en forma de cristalitos bien definidos casi microscópicos. El espato calizo está repleto de inclusiones microscópicas de ácido carbónico líquido [1] de la cual se puede comprobar la existencia por calentamiento; decrepita vivamente al calor y antes es fosforescente con luz blanquizca.

La vesuviana es por lo general pardo-clara, á veces también verde. Para el análisis sirvió el material de la variedad parda, escogido con la lente; el Sr. Prof. Dr. Dittrich encontró la composición siguiente, de la cual se pueden calcular los números moleculares indicados al lado:

		Calculado á 100	Números moleculares	
SiO_2	36,04	35,90	0,5943	0,6032
TiO_2	0,72	0,72	0,0089	
Al_2O_3	15,62	15,56	0,1522	0,1756
Fe_2O_3	3,75	3,75	0,0234	
FeO	0,65	0,65	0,0090	0,7511
MgO	3,88	3,87	0,0958	
CaO	36,40	36,26	0,6463	
Na_2O	0,34	0,34	0,0055	0,1657
K_2O	0,08	0,08	0,0008	
Perdida al rojo (H_2O)	2,87	2,87	0,1594	
	100,39	100,00		

1 Al acercar á la inclusión una lámina de platino calentada se aleja primeramente la burbuja de la fuente de calor y entonces desaparece. Al enfriarse reaparece en el mismo lugar para volver entonces muy lentamente á su lugar anterior á lo largo de la pared que la encierra.

El agua se determinó por un fuerte calentamiento al rojo en el crisol de platino. Manganeso no existe, tampoco fluor se pudo comprobar.

Del análisis se calculan las proporciones siguientes de los elementos:

R_{IV}	R_{III}	R_{II}	R_{I}	O
1,82	1,06	2,27	1	8,00

y con esto la vesuviana de Aranzazú entra muy bien en la serie establecida por Weingarten.[1]

Una caliza cretácica, transformada de la mina de Cabrestante, resulta ser una piedra córnea con escapolita y vesuviana. Muestra en grande una especie de estructura en cintas, es cristalina muy fina hasta completamente compacta. El examen microscópico tropieza con dificultades por estar los componentes íntimamente ligados. En lo principal parece ser una mezcla de vesuviana de grano grueso, escapolita y granate con granitos de diopsida y titanita, inyectada con un poco de feldespato; además se reconoce epidota de color verde claro, pyrita y en drusas y grietas también un poco de espato calizo. Este último es de nuevo rico en inclusiones de ácido carbónico líquido.

La vesuviana posee una estructura zonal excelente que se reconoce por la doble refracción anómala; en la lámina muy delgada muestra el mineral, que se encuentra irregularmente esparcido en forma de nubes, por lo general colores de interferencia grises y pardo-grises. El carácter de la doble refracción es negativo. Al lado de la vesuviana forma, además, un segundo mineral tetragonal un componente principal de la roca; es la escapolita que se ve en la lámina, sobre todo aglomerada en algunas capas de la piedra córnea. Sus prismas octogonales son ópticamente negativos con un eje y muestran una doble refracción mayor que la de la vesuviana; en los cortes muy delgados se observó todavía el azul verdoso de segundo orden. Se presenta con menos refracción que la última, siendo su refracción un poco más alta que la del bálsamo de Canadá y más ó menos igual con la refracción media del espato calizo con el cual está frecuentemente ligada. Los cortes octogonales dejan reconocer con claridad variable el crucero según ambos prismas. No raras veces la pyrita encierra á las escapolitas ó estas últimas envuelven por su parte á la primera. Una coloración parda visible en la lámina que se observa también en la vesuviana, parece estar en conexión con el contenido en carbón de la caliza transformada. La existencia de wollastonita no se pudo comprobar en la lámina.

En la muestra se reconoce con la lente partes de un mineral incoloro en fibras finas que posee al microscopio los caracteres de la plagioclasa fibrosa antes descrita. Se tratará pues de inyecciones de feldespato desde la ro-

1 P. Weingarten, Über die chemische Zusammensetzung und Konstitution des Vesuvian. Inaug.-Diss. Heidelberg 1901. Ref. Centralbl. f. Min. etc. 1902. p. 726-730.

ca eruptiva vecina. Plagioclasa típica con laminación de gemelos no la encontré. La plagioclasa fibrosa está atravesada sobre todo por diopsida y titanita.

LOS CRIADEROS METALIFEROS

A aquellas materias que inmigraron en el contacto desde el magma granodiorítico en el panino pertenecen, sobre todo, también sulfuros y óxidos de fierro y sulfuros de cobre al lado de otras combinaciones de metales pesados secundarios. Huellas de cobre se encuentran probablemente en todas partes en el contacto, catas se encuentran en varias partes y algunos tiros bastante profundos hoy abandonados dan cuenta de las esperanzas frustradas de encontrar á la profundidad minerales más ricos de cobre; pero, en varios lugares pudo desarrollarse hace un tiempo más ó menos largo una explotación minera muy provechosa también bajo aquellas condiciones. La mayor parte de las minas más importantes en el tiempo de mi visita en la región de Concepción fueron minas de cobre ó fierro en el contacto inmediato. Además existen varias minas de plomo y de zinc fuera de la zona de contacto, que trabajan sobre criaderos en la forma de vetas quizá también metasomáticos en la formación calcárea, de los cuales no me pude ocupar detalladamente durante el tiempo limitado de mi estudio. Me parecían por lo general no pasar mucho del primer estado de trabajos de exploración; desde el punto de vista mineralógico merecen interés por la presencia de bonitas menas secundarias de las cuales mencionaré algunas más tarde.

LOS CRIADEROS DE CONTACTO

Las minas de cobre de Concepción del Oro se pueden dividir en dos grupos según su situación y el carácter mineralógico de sus criaderos. Designaré como grupo oriental las minas Cabrestante, Catarroyo, El Promontorio, Las Animas y El Carmen; como occidental las minas muy vecinas entre sí y más ó menos contiguas de Aranzazú. Ambos grupos de criaderos están caracterizados por la presencia de chalcopyrita con abundante granate; por lo demás se observan varias diferencias mineralógicas más ó menos notables.

Cabrestante y Catarroyo trabajan en el contacto inmediato de la granodiorita con las calizas cretácicas de la masa sedimentaria oriental; vecinas á ellas se encuentran las minas Los Azules y La Cruz, sobre las cuales no puedo decir gran cosa porque en aquel tiempo sólo habían alcanzado profundidades muy pequeñas y sólo habían explotado minerales de la zona superficial. Los criaderos del Promontorio y de las Animas en el Cerro Prieto y un poco más al Oeste de ellos el de El Carmen, yacen entre la granodiorita y fragmentos de mármol que pueden haber sido envueltos primeramente por aquella, ó que representan restos de la cubierta antigua de la caliza con Nerineas. Sólo la mina de Cabrestante había alcanzado ya una extensión y profundidad mayores, mientras que las otras tres no tomando

en cuenta las antiguas labores superficiales de El Promontorio, sólo tenían una importancia secundaria ó ya habían sido abandonadas de nuevo.

Hasta donde se puede ver aparecer en los criaderos del grupo oriental el mineral de cobre íntimamente ligado con las masas de contacto sin relación evidente con grietas. La magnetita es muy abundante en todos y se encuentra en grandes cantidades en las minas del Cerro Prieto y El Carmen. También la pyrita desempeña un papel importante en cristalizaciones muy perfectas. Se encuentra esfalerita en menor cantidad, lo mismo que cuarzo que se observa en todas partes, pero que no posee como acompañante primario de los minerales la misma distribución en las minas orientales que en Aranzazú. No observé wollastonita en ninguna de las minas orientales. En cambio se encuentra ocasionalmente un poco de amfibola y zoisita y como formación mineral más moderna ortoclasa tanto en Cabrestante como en el Carmen con mucha frecuencia.

En los criaderos occidentales de Aranzazú se encuentran las masas de silicato metalíferas en relaciones claras con grietas que atraviesan las calizas con Nerineas perpendicularmente á su estratificación. Magnetita no la observé allí, pyrita no se encuentra tampoco con tanta abundancia como en las minas del grupo oriental, pero en cambio llama la atención la existencia de mucha esfalerita. También tetraedrita arsenical no parece ser muy rara en Aranzazú. Cuarzo y wollastonita son acompañantes principales de los minerales sobre todo en el caso de que éstos se presentan en grietas ó bolsitas á cierta distancia de la roca eruptiva.

Mencionaré aquí las diferentes alturas de las minas: La altura absoluta de la entrada de las minas en Cabrestante es aproximadamente 2,120 m. Los Azules 2,150 m., Catarroyo 2,200 m., La Cruz 2,400 m., Cerro Prieto 2,400 m., El Carmen 2,500 m., en Aranzazú aproximadamente entre 2,600 y 2,800 m. Los desniveles entre estas alturas son demasiado insignificantes para poder explicar las diferencias mineralógicas entre las minas orientales y las de Aranzazú. Entonces sería necesario tomar en cuenta que los minerales de Aranzazú se extraen en parte de profundidades que alcanzan la altura absoluta del criadero del Carmen. Quizá más importante es el hecho de que la roca eruptiva se extiende debajo de los criaderos del grupo oriental en masa ancha y aparentemente con inclinación débil, mientras que el macizo eruptivo se angosta cerca de Aranzazú estando limitado por lo menos hacia el Poniente por capas con fuerte echado (Véanse los cortes en el trabajo de Burckhardt[1]). Suponiendo que las masas calcáreas del Cerro Prieto y del Carmen no representen cubiertas, sino inclusiones primitivamente envueltas por la granodiorita, se explicaría quizá el carácter mineralógico de aquellos criaderos como una consecuencia de la influencia más intensa del magma eruptivo.

1 Burckhardt, Géologie de la Sierra de Concepción del Oro. *Guide des excursions du Xe Congrès Géologique International,* N° XXIV. México, 1906.

En seguida hablaremos de las condiciones geológicas y mineralógicas de los afloramientos más importantes, hasta donde me lo permitan mis notas y colecciones.

MINAS DEL GRUPO ORIENTAL

Cabrestante. En los alrededores de Cabrestante se efectuó la explotación minera más antigua de la región de Concepción. Se extrajo oro del Arroyo de la Plata, probablemente procedente de las zonas superficiales alteradas de los criaderos de cobre que contienen aún hoy día un poco de oro y de cuarzos auríferos. Una pequeña mina superficial abandonada en el límite entre el mármol cretácico metamórfico y masas de contacto muy descompuestas designa la antigua mina de oro: Concepción del Oro. Los trabajos se efectuaron á lo largo del contacto. El cuarzo aurífero se presenta como masa drúsico - celular, sobre todo en los productos de descomposición ferrosos, pero parece también haber penetrado en la caliza. La formación de estos cuarzos auríferos es más moderna que la de las rocas de contacto y de las menas que existen en ellas. Todavía hoy día se explotan tales cuarzos celularmente carcomidos con un contenido de oro hasta de 40 gr. por tonelada, de las partes superiores de la mina vecina Cabrestante. Macroscópicamente muestra este cuarzo que se asemeja á calcedonia, y que es cristalino de grano muy fino y de carácter de incrustación, las indicaciones de fracturamiento y recementación repetidos; en la lámina se caracteriza por una estructura brechosa que se observa hasta en los detalles. Macroscópicamente se observan películas de óxido de manganeso y un poco de limonita; sulfuros parecen faltar en estas vetas, oro libre no lo pude reconocer. Hay que decir que también la chalcopyrita de los criaderos de contacto contiene oro y plata. Según la indicación de los directores de las minas, contienen menas de cobre con una ley de aproximadamente 15 por ciento de cobre, esto es, chalcopyrita ligada principalmente con granate y espato calizo, 15 gr. de oro y 300 gr. de plata por tonelada ó sea 0. 0015 resp. 0.03 por ciento.

En el tiempo de mi visita, Cabrestante había alcanzado una profundidad de 110 m. El criadero pertenece á las masas de contacto que se pueden seguir desde el Valle del Almagre y desde la antigua mina Concepción marcadas superficialmente por catas hasta los Azules. En la caliza el agua superficial penetra por cavernas naturales en la profundidad; por la misma circulación de agua se oxidaron en parte los metales habiéndose enriquecido el contenido de oro de las chalcopyritas á 10-15 y hasta 40 gr. por tonelada. La transición á la mena primaria la forma un mineral de cobre negruzco, carcomido, polvoso, mezclado con pyritas descompuestas; los mineros ingleses lo designan como *black oxide*, pero consiste seguramente en lo principal ó completamente de covellina ó chalcosina.

Una gran parte de las menas visibles en la mina me pareció que consisten de espato calizo de grano grueso atravesado por bolsitas y cintas de

chalcopyrita y pyrita y rellenado por cristales de la última. Las muestras que recogí en el terrero muestran al contrario mucho granate, espato calizo, pyrita, chalcopyrita, hematita, pyrrotina, un poco de cuarzo, á veces esfalerita, así como hornblenda verde-clara que se asemeja á asbesto. Todos estos minerales son indudablemente productos del mismo proceso de formación, aunque dejan reconocer entre sí en parte una cierta sucesión de edad.

El granate amarillo-verdoso, pardo-verdoso ó amarillo-pardusco forma masas compactas cristalinas atravesadas por espato calizo y las menas. Al quitar el espato calizo con ácido se ponen á descubierto cristales de la combinación ∞ 0,202 y aparecen en la pasta fundamental cristalina hendeduras y grietas revestidas con caras de cristales que recuerdan sobremanera á hendeduras de contracción visibles, p. e. en un ladrillo fracturado por un calentamiento exagerado.

La pyrita es contemporánea con la chalcopyrita, apareciendo la primera con frecuencia, la última aparentemente nunca en forma de cristales. Ambas son muchas veces indudablemente más antiguas que la magnetita; hasta donde se pueden reconocer cristales, en la última se ven el octaedro y el dodecaedro laminado según éste. La magnetita está íntimamente ligada con espato calizo, siendo contemporánea con él. La hematita micácea no es tan frecuente como la magnetita y parece ser también un mineral primario, habiéndose formado asimismo después de los sulfuros. El cuarzo es contemporáneo con el granate. La hornblenda gris verdosa reconocible por su oblicuidad de extinción, forma en escala limitada agregados finamente afelpados más raras veces agujas un poco más gruesas; es con seguridad un mineral primario y no un producto de transformación. Entre los sulfuros y el granate no se pudo comprobar una diferencia de edad; se atraviesan de un modo muy irregular ó se presentan en la muestra en forma de una especie de cintas estratificadas. En drusas de esas mezclas de menas y silicatos se encuentran pequeños romboedritos de siderita y pseudomorfosis de revestimiento por lo general huecos de este mineral según otro carbonato romboédrico. Todavía sobre la siderita se observa pyrita como última formación. Pequeños cristalitos de granate (∞ 0,202) se encuentran sobre la pyrita más antigua.

Ya hablé de una piedra córnea calcárea y silizosa con vesuviana y escapolita de Cabrestante en la pág. 69. Otra lámina de una muestra de mena compuesta principalmente de pyrita se distingue por su contenido notable de hornblenda semejante á actinolita. La pyrita forma masas compactas; las partes no ocupadas por ella en la lámina están rellenadas por un fieltro irregular de agujitas de actinolita entre las cuales se observan á veces también prismas más anchos casi incoloros del mismo mineral en una especie de pasta fundamental de espato calizo ó cuarzo. La hornblenda muestra á veces y con una intensidad diferente un colorido pleocroítico, en el cual $\mathfrak{c}$ muestra un color por lo general azul-verdoso, más raras veces pardo-ver-

doso intenso, $\mathfrak{a}$ y $\mathfrak{b}$ parduzco - verdoso ó pardo - claro hasta incoloro. La oblicuidad de extinción alcanza $21\frac{1}{2}°$. Entre los haces y prismas de actinolita se encuentra magnetita con frecuencia, que por esto muestra formas irregulares angulares ó semejantes á esqueletos. Cristales de magnetita se encuentran esparcidos en el agregado. También aquí la magnetita parece ser el mineral más moderno en relación con la pyrita formando muchas veces el margen ó rellenando con los otros componentes sus huecos. La pyrita se encuentra también en el agregado de espato calizo - cuarzo - actinolita y entonces suele ser envuelto por la magnetita. Al lado del espato calizo se observa ocasionalmente la siderita amarillenta con una refracción mucho más viva que se deja reconocer muchas veces como una formación más moderna. Por lo demás no se ve fenómeno alguno que pudiera comprobar la sustitución mutua de los componentes que forman hoy la roca. La pyrita es por lo general un poco más antigua que el resto de los componentes, pero encierra también prismas de la hornblenda.

De los agregados ahora descritos y seguramente también de las masas de espato calizo metalíferas ya mencionadas que pueden ser consideradas, como se mostrará más adelante al hablar de las condiciones de Promontorio, como formación verdadera de contacto lo mismo que las rocas de granate, proviene una gran cantidad de magníficos cristales de pyrita.[1] Estos forman por lo general láminas gruesas según dos caras de $\infty O \infty$; las caras del cubo son aquí preponderantes y por lo general poco estriadas, con frecuencia todas lisas como un espejo. Con la lente se reconocen á veces desigualdades irregulares muy ligeras ó estrías que recuerdan algo las flores de hielo. Otras caras son $\left[\frac{3O\frac{3}{2}}{2}\right]$ (321), $\frac{\infty O2}{2}$ (210), O (111) y muy raras veces también $\left[\frac{\frac{5}{3}O\frac{5}{2}}{2}\right]$ (543). $\left[\frac{3O\frac{3}{2}}{2}\right]$ es por lo general áspero ó por lo menos rayado en la zona $O : \frac{\infty O2}{2}$, á veces también completamente liso. $\frac{\infty O2}{2}$ es bastante raro. Un fragmento grande muestra O preponderante $\frac{\infty O2}{2}$ liso y subordinado $\left[\frac{\frac{3}{2}O3}{2}\right]$ correspondiente á ciertos cristales grandes de Brosso en Piamonte. Octaedros puros ó por lo menos preponderantes son relativamente raros; los encontré en la magnetita compacta. Por lo general los planos son estriados según $\frac{\infty O2}{2}$. Tan raros como ellos son pequeños, casi lisos $\left[\frac{3O\frac{3}{2}}{2}\right]$, de las cuales medí uno. Por lo general los cristales más pequeños muestran con más frecuencia una $\left[\frac{3O\frac{3}{2}}{2}\right]$ lisa que los grandes.

Muy raros son también cristales con formación equivalente de $\infty O \infty$ é $\frac{\infty O2}{2}$ y al lado de nuevo con subordinado $\left[\frac{3O\frac{3}{2}}{2}\right]$ y 0. Los cristales mayores de pyrita parecen tener un diámetro de varios centímetros. Hay que advertir que los individuos más pequeños que miden sólo unos milímetros únicamente muestran $\infty O \infty$ ó á lo sumo subordinado O y $\frac{\infty O2}{2}$, y muy raras veces

1 Estas pyritas representan indudablemente una de las localidades más bonitas de este mineral y se encontrarían seguramente ya esparcidas en muchas colecciones si en Concepción alguna persona se tomara la pena de fijarse en el hallazgo de minerales. Es muy característico que los cristales más bellos de mis pyritas han sido usados como juguetes por los niños de los peones.

también $\left[\frac{3O\frac{3}{2}}{2}\right]$. Con el aumento del cristal cambia aparentemente la proporción en favor de O y $\left[\frac{3O\frac{3}{2}}{2}\right]$.

Al lado de los cristales bajo las condiciones paragenéticas ya descritas se encuentra pyrita bien cristalizada en Cabrestante en agregados sueltos de incrustaciones que resultaron ser ortoclasa incrustada por siderita de color amarillo sucio y ligada con un poco de cuarzo. En la incrustación discromática y poco vistosa resaltan primeramente los cubos de tamaño hasta de 3 cm. completamente desarrollados y estriados como de costumbre según $\frac{\infty O 2}{2}$. Raramente y subordinada se observa además lisa O, $\left[\frac{3O\frac{3}{2}}{2}\right]$. Después de la disolución de los mínimos romboédritos de siderita en ácido clorhídrico se ve la ortoclasa bajo la forma de una incrustación drúsica, cristalina fina, blanca como nieve que con una lente de un aumento de 20 veces deja apenas reconocer cristales claros. La determinación del peso específico, el índice de refracción que es de más ó menos 1.52 habiendo sido determinado según el método de Schroeder van der Kolk, la doble refracción débil y los dos ejes ópticos, no dejan ninguna duda respecto á la naturaleza del mineral. Al microscopio pude reconocer cristales bien limitados claros como agua que muestran muchas veces el desarrollo de las caras de la adularia con OP (001) $\infty \breve{P} \infty$ (010), ∞P (110) y $\breve{P} \infty$ ($\bar{1}01$).

La ortoclasa es más moderna que la pyrita porque la incrusta y hasta forma el cemento entre los fragmentos de sus cristales fracturados. Sobre la formación de estos curiosos agregados de pyrita y ortoclasa no puedo emitir ninguna opinión segura; no los encontré yo mismo en la mina sino que me los dió un minero. Ortoclasa y albita se encontraron en varios casos, es cierto, como componentes verdaderos de vetas. [1]

Sin embargo las muestras que poseo de Cabrestante no causan de ningún modo la impresión de una muestra de veta. Al contrario me inclinaría á creer que los agregados de pyrita fueron lixiviados del espato calizo grueso ya mencionado y sólo fueron incrustados más tarde por el feldespato y en la parte que habían sido fracturados después de la lixiviación fueron cementados de nuevo por él. Mencionaré de antemano que en las masas de contacto de la mina El Carmen se encuentran con frecuencia cristales de ortoclasa de mayor tamaño, como una de las segregaciones más modernas.

Por la descomposición de la ortoclasa se forman productos de alteración kaolínicos que acompañan á veces á las menas. Con ellos aparece en algunas muestras esfalerita compacta de color pardo obscuro. Muestra una laminación de gemelos según O y contiene manganeso.

Entre las formaciones más modernas de minerales de la mina Cabrestante mencionaré aquí con más detalles una incrustación semejante á calcedonia. En el terrero encontré pedazos pardos esponjosos semejantes á "Rauchwacke" que tomé primero por calamina. En parte encierran todavía gra-

1 Véase STELZNER - BERGEAT, Die Erzlagerstätten. p. 529 y LINDGREN, Ocurrence of albite in the Bendigo veins. Econ. Geol. 1. 1905. p. 163—166.

nos de espato calizo ó están ligados con partes de este mineral en masas cristalinas de grano grueso. Con la lente se reconoce claramente que aquí ha sido sustituído el espato calizo por una substancia inmigrada, la calcedonia, y que esta sustitución en parte á lo largo de las grietas del espato calizo, estaba ya bastante avanzada cuando el último fué eliminado en su mayor parte del tejido de calcedonia. Más tarde se formó entonces la siderita encima de la última. Disolviendo el carbonato con ácido clorhídrico en cuya operación se puede reconocer en la solución al lado de cal también magnesia y muchísimo fierro pero ningún zinc, queda la calcedonia bajo la forma de una masa fina blanca, friable como piedra pómez, que puede ser evaporada por ácido fluorhídrico hasta un resto pequeño colorido por el fierro y que consiste pues de ácido silícico casi puro, encerrando como se ve al microscopio pequeñas cantidades de aquel carbonato de fierro y limonita.

El agregado claro hialino está formado como se ve al micoscopio, de dos substancias diferentes que designaré en lo futuro como Q y Ch.

Por la inmersión en esencia de clavo (índice de refracción = 1.544) en la cual al mismo tiempo se encontraron fragmentos de cuarzo, resultó una concordancia hasta los centésimos de su refracción con la del cuarzo. Entre Q y Ch existe sin embargo una diferencia pequeñísima de refracción que se deja reconocer netamente por la línea de Becke de la reflexión total. Esta diferencia se refiere sin embargo solamente á los milésimos. Q es la substancia de mayor refracción.

Q y Ch se encuentran en lo general en agregados de hojas radiadas ó fibras hojosas con frecuencia netamente radiales; las astillas examinadas al microscopio consisten en parte de agregados de una clase, en parte de la otra. Cuando la estructura es radial, Ch forma las partes exteriores, Q las interiores del agregado y á la luz ordinaria se deja reconocer por el límite entre ambas substancias por medio de la reflexión total. Q y Ch se distinguen además por el grado de la doble refracción que se acerca probablemente, tratándose de Q, al del cuarzo, siendo mucho más baja tratándose de Ch. Otra diferencia muy notable es el hecho de que en los agregados radiales hojosos se comporta Q en la dirección de las fibras ópticamente positivo, Ch al contrario negativo.

Aisladamente se observan agregados de Ch de fibras finas, completamente radiados, concéntricos que se pudieran tomar por cortes de esferolitas, pero que sólo están desarrollados en dos dimensiones conforme á la formación total de la substancia á lo largo de grietas finas en el espato calizo. Estos pequeños discos dejan reconocer con bastante perfección entre los nicols cruzados la cruz negra, las fibras son ópticamente negativas. En una laminita muy bien desarrollada de un diámetro de 0.176 mm. observé un cambio que se repite más ó menos doce veces, de capas concéntricas de estructura fibrosa un poco diferentes por su refracción, siendo todas las fibras en todas las zonas ópticamente negativas. El curso de tales zonas concéntricas muestra frecuentemente ángulos marcadamente salientes y entrantes

que se repiten muchas veces y que al microscopio recuerdan la quebradura transversal del ágata de círculos irregulares concéntricos y que seguramente están causados por caras de cristal.

Por lo demás se encuentran aunque en número limitado cristales y esqueletos de cristales de Q. Observé los primeros con aumento fuerte en grupos pequeñísimos que se asemejan algo á la tridimita, pero que muestran más bien un carácter rómbico ó monoclínico que exagonal. Los esqueletos de cristales ofrecen una forma de estrellas de seis radios; son tan sólo en parte ópticamente homogéneos y parecen entonces componerse de la substancia Q; en parte muestran una extinción ondulosa ó en diferentes partes una orientación óptica algo distinta, lo que puede provenir de fenómenos de crecimiento primarios. Pero algunos muestran unos agregados excelentes de fibras finas radiadas de los pequeños discos de Ch y las propiedades ópticas de estos últimos. Con suma facilidad los tomaría uno por pseudomorfosis (paramorfosis) de Ch según Q. Las formaciones en cuestión son sumamente finas. El ancho de las varillas que se juntan para formar estrellas es más ó menos de 0.025 mm. y el largo mayor 0.25 - 0.6 mm. Según una medida algo inexacta por la formación de las varillas, los últimos formaron en un caso juntos ángulos que varían entre 59 y $61\frac{1}{2}°$. En varias de tales estrellitas se pudo comprobar la terminación clara de las caras en radios á veces de la forma de un esqueleto.

Una estrella exagonal ópticamente homogénea formada de Q dió la imagen del eje de un cristal positivo con un eje en posición excéntrica; esta última se explica por el hecho de que el plano de la estrella exagonal no se encuentra en posición normal al eje del microscopio. Otra estrella exagonal consiste de Ch y muestra una estructura radial fibrosa alrededor de dos puntos centrales, de los cuales uno se encuentra cerca del centro de la estrella mientras que el otro está situado en una de las varillas. Alrededor de estos puntos centrales se hallan dos sistemas concéntricos contiguos de conchas reconocibles por ligeras diferencias de reflexión de los cuales el uno está caracterizado por notable constancia á través de las seis varillas; parece como si la estrella fuera sacada por un corte de dos esferolitas. En la figura 5 de la lámina IX se reconoce claramente que esta estrella de seis rayos ha sido formada por dos esqueletos trigonales ligados imitando gemelos.

Según mi opinión la substancia Q consiste de cuarzo, la substancia Ch de pseudocalcedonia. Después de haber calentado al rojo claro se observó con más claridad la estructura zonal de los agregados; habiéndose reconocido antes sólo por medio de refracción diferente, apareció ahora con claridad por su dibujo fino pardo. Esto me lo expliqué por el hecho que quizá un poco de cloruro de fierro pudiera haber sido adicionado por capas semejantes á ópalo y durante la disolución anterior de la siderita en ácido clorhídrico y que esta impregnación haya resultado visible por el calentamiento al rojo. Sin embargo, ensayos de coloración con eosina no dieron ningún resultado y tampoco se pudieron hacer desaparecer las fibras ópticamente

negativas, aunque habían sido tratados por varios días con potasa cáustica.

No observé tridimita en estos agregados ni en otras partes cerca de Concepción. Quizás se pudieran explicar los agregados ó paramorfosis descritos suponiendo que hayan consistido primeramente de cuarzo y que éste haya sido transformado en tridimita al calentar de nuevo las masas de contacto y que la tridimita misma haya sido transformada en calcedonia. Pero esto está en desacuerdo con el hecho de que nunca encontré cerca de Concepción ni en las masas de contacto de Cabrestante indicaciones de tales cambios.

Catarroyo. Hallazgos ocasionales de roca de granate con magnetita en el Valle del Arco comprueban junto con las huellas de cobre en el contacto, que los criaderos han de aparecer también en el curso siguiente del límite del macizo granodiorítico.

La mina Catarroyo situada al Suroeste de Cabrestante había alcanzado en el otoño de 1906 sólo una profundidad de 70 m. y había extraído poco mineral que parecía tener un carácter semejante al de Cabrestante. La masa de contacto muy descompuesta aflora en la superficie; una roca que se observa detrás de ella y que está muy descompuesta perteneciente á la zona del Kimeridgiano, resultó ser una piedra córnea con wollastonita (comp. p. 56). Los minerales son principalmente magnetita ligada con chalcopyrita y cristales de pyrita, correspondiendo los últimos en su carácter con los de las rocas de granate metalíferas de Cabrestante. En drusas se encuentra cuarzo como depósito más moderno al lado de cristalizaciones insignificantes de dolomita ó dolomita ferruginosa y siderita.

Respecto á la edad y origen de la siderita tienen interés ciertas muestras de mineral que presentan dicho carbonato íntimamente ligado con magnetita en mezcla de grano fino y que hubieran podido ser tomadas primeramente por rocas de granate y magnetita á causa de su intensa refracción. En la lámina la mezcla consiste únicamente de ambos minerales mencionados. La siderita se reconoce no solamente por su color sino comparándola con espato calizo, también por el hecho que sus cortes muestran en todas las orientaciones una refracción mucho mayor que el bálsamo de Canadá. El desarrollo de la magnetita llama la atención: envuelve el carbonato y forma con frecuencia películas delgadas y costras alrededor de los cristales romboédricos, hoy sustituídos por agregados de granitos de siderita con orientación muy diferente, formando pues esta siderita pseudomorfosis. El diámetro de una de esas pseudomorfosis ha sido determinado en 0.4 mm., el de los granitos de siderita á su vez más ó menos en 0.05 mm. [1]

Promontorio y Las Animas. Ambas minas vecinas se encuentran en el contacto entre la roca eruptiva y una masa de caliza transformada en mármol, siendo la primera una granodiorita micácea de grano mediano rica en

1 Fenómenos muy semejantes muestran pseudomorfosis de ankerita en relación á un revestimiento más antiguo de esfalerita en minerales de la mina de zinc en el Schneeberg en Tirol.

cuarzo y ortoclasa y con un poco de diopsida. En Las Animas casi ya no se trabajaba en el tiempo de mi visita. Sólo se veían grandes excavaciones en la roca de contacto alterada, en cuyas paredes se encontraban depósitos abundantes de sulfato de cobre. También pude obtener unos pedazos de cobre nativo y algunas muestras de magnetita pyritífera. En Promontorio habían explotado hasta entonces sobre todo en labores superficiales las masas de mena muy descompuestas del afloramiento superficial. Son estas limonitas algo auríferas, abigarradas por carbonatos de cobre y allofana, atravesadas por óxidos de manganeso, cuprita y cobre oxidulado ferrífero que forman una zona ancha de casi 20 m. entre el mármol desagregado en cubos irregulares y la granodiorita también alterada por la descomposición. Para el estudio del afloramiento primario de mena pude aprovechar un socavón nuevo que produjo menas mineralógicamente muy variadas en dos galerías de explotación situados en una distancia de 40 m. uno del otro al Sur y al Norte de él. En la galería situada al Norte las menas formaron una masa de un espesor aproximado de 20 m. de roca de granate con grano fino íntimamente ligada con sulfuros, espato calizo y magnetita; al Sur por lo contrario habían encontrado en el mismo contacto una masa enorme de espato calizo con grano muy grueso, que está enteramente exento de silicatos de contacto en numerosas muestras, pero que está entreverado de chalcopyrita por lo general compacta y numerosos cristales de pyrita. Detrás de esta masa aparece de nuevo mármol normal desagregado en cubos irregulares.

En la roca de granate mencionada el granate está acompañado (véase lám. IX, fig. 4) de mucha magnetita, un poco de pyrita, de espato calizo cuarzo, hornblenda verde, poca titanita y bastante zoisita. Es la única roca de la región de Concepción en la cual pude comprobar el último mineral. La estructura es de grano fino; ninguno de los minerales presenta cristales bien formados siendo todos por lo general el producto de un solo período de segregación, aunque la segregación de algunos puede haber empezado antes que la de los otros. El granate y la magnetita forman un agregado atravesado por numerosos huecos y senos y forman el punto de salida para la segregación de los otros minerales de modo que parecería á primera vista que representan una primera fase de la formación de la roca. Esto es cierto sólo en lo general; un examen minucioso deja por lo contrario reconocer que encierran muchas veces también partes de los otros minerales y que sobre todo el granate se presenta también como inclusión en el cuarzo y en el espato calizo. El granate tiene en la lámina un color amarillo verdoso claro, tiene á veces doble refracción y sus granos redondos y agregados de granos son por lo general libres de inclusiones. Se observan indicaciones de limitación de caras, pero nunca cristales bien desarrollados. La magnetita lo atraviesa en masas continuas pero también de forma sinuosa irregular y además de un modo subordinado también en granos, pero más raramente en cristalitos finos.

En los huecos de este agregado se encuentra por lo general el resto de los minerales mencionados. Frecuentemente se encuentra una hornblenda rica en fierro de color verde sucio. Generalmente forma agregados fibrosos muchas veces compuestos de individuos ordenados radialmente encima del granate, de modo que pudiera aparecer primeramente como un producto de transformación de éste, lo que sin embargo no es. Estos agregados recuerdan algo la clorita ó más todavía la cloritoide, distinguiéndose sin embargo de ellas desde luego por la intensidad de la doble refracción, cuyo carácter en la zona principal es positivo en contraste con ellas. El colorido es muy intenso observable en prismas pequeñísimos; observé $\mathfrak{a}_1$ verde pardusco, $\mathfrak{c}_1$ verde obscuro, siendo la absorción claramente $\mathfrak{c}_1 > \mathfrak{a}_1$, $\mathfrak{c}$: c por lo menos 15°. Agregados radiales en forma de bolas y algunas fibras de esa hornblenda se encuentran también en medio del cuarzo y del espato calizo y del mismo modo encierra á veces el granate acumulaciones fibrosas de dicho mineral. No raras veces los agregados de hornblenda que se encuentran encima del granate tienen una forma redonda y penetran en los huecos rellenos de cuarzo y espato calizo, son de nuevo encerrados por una cubierta delgada de granitos de granate.

El cuarzo muestra una estructura radiada y una extinción ondulosa notable, atravesando en partes el granate con una especie de estructura como del granito gráfico. El espato calizo por lo contrario es muy rico en inclusiones de líquido relativamente grandes con burbujas á veces móviles. Las burbujas cambian al calentar su lugar y se hacen inmóviles, pero no desaparecen, así pues, las inclusiones por lo menos en su mayor parte no son de ácido carbónico líquido. A la extinción ondulosa del cuarzo corresponde la laminación secundaria de gemelos del espato calizo. Láminas delgadas, esqueletos y fibras paralelas del último á veces juntas con fibras de hornblenda, atraviesan el cuarzo. La pyrita es aquí un poco más moderna que la magnetita; el granate la envuelve pero no inmediatamente, sino que está separada de ella por una capa delgada de cuarzo. La zoisita es bastante común bajo la forma de granos y sobre todo de columnitas arredondadas ó en forma de esqueleto, rica en inclusiones irregulares tubiformes que como lo demuestra la presencia de burbujas se componen en su mayor parte de líquido. Además se encuentran en ella inclusiones de espato calizo y probablemente también de cuarzo y hornblenda. Ocasionalmente se observa también una penetración en forma de esqueletos de zoisita y espato calizo. El carácter óptico de la zona principal es siempre negativo, el plano de los ejes se encuentra paralelo con la dirección longitudinal á la cual corresponde también la dirección de las fibras bastante claras. Se trata pues de zoisita α. Titanita se encontró una sola vez como cristal bastante completo encerrrada en cuarzo y espato calizo.

El mármol de grano grueso con pyrita que se observa en el lado izquierdo austral del socavón, muestra en parte cruceros de un tamaño por lo menos de 30 cm. de espato calizo con laminación de gemelos según $-\frac{1}{2}$ R; en

cavidades se observan escalenoedros atacados R 3 de dimensiones de algunos decímetros. Dicho mármol encierra además de pyrita, chalcopyrita, magnetita y un poco de hematita; en drusas se presenta al lado de cuarzo un carbonato amarillo romboédrico en cristales pequeños, probablemente siderita. La chalcopyrita es al contrario de la pyrita casi completamente compacta, sólo raras veces se observan cristales, habiéndose encontrado únicamente un solo esfenoideo del tamaño de un chícharo, torcido y netamente estriado. En muchas muestras predomina la chalcopyrita sobre el espato calizo siendo ambos simultáneamente cristalizados y teniendo la mena una formación en parte fluida, casi escoriosa ó en gotas. En la superficie la mena ha sido transformada en chalcosina, en cavidades se encuentra además covellina en polvo y con cristalitos microscópicos.

La pyrita se encuentra en cristales y grupos de éstos. El hábito de los muchos individuos examinados es octaédrico con formación simultánea por lo general muy irregular de $\left[\frac{\infty O \frac{3}{2}}{2}\right]$ subordinado también con $\frac{\infty O 2}{2}$ é $\infty O \infty$. Las caras octaédricas son estriadas, escalonadas por el dyakisdodecaedro y con frecuencia no planas á causa de la penetración subparalela de diferentes cristales engranados mutuamente con suturas irregulares. No pude observar gemelos.

La descomposición superficial penetra hasta el mármol con pyrita. Se muestra no solamente en la chalcopyrita que se transforma así en chalcosina y covellina, sino también en la pyrita. En algunas muestras se ve que esta última ha sufrido una decoloración que se asemeja completamente á la bornita hasta cierta distancia de las paredes de las drusas. Por eso pensé en una transformación de pyrita por medio de una solución de cobre, pero el examen cualitativo no dió ninguna huella de cobre, pero demostró una alterabilidad más fácil por ácido nítrico de las partes decoloridas y un contenido bien aparente de cobalto. Según un análisis que hizo el Sr. Rabe, químico metalurgista, por la amable intervención del Sr. Prof. Dr. Biltz, el contenido de cobalto de la pyrita fresca de Promontorio es de 0.26 por ciento, no habiéndose encontrado níquel. Por el contenido de cobalto se explica probablemente el color notablemente más claro de los cristales frescos de la pyrita.

Magnetita se encuentra subordinada encerrando los sulfuros; más moderna que ella es la hematita en pequeña cantidad. La última es en parte indudablemente un mineral primario. En drusas se observa cuarzo (∞ R, R, — R), espato calizo (R 3) y como ya lo hemos dicho, romboedritos pequeños de un carbonato amarillento probablemente siderita. Esta última se revela también aquí como una de las formaciones más modernas.

En *Las Animas* parecía ser también magnetita un mineral bastante común; encierra dyakisdodecaedros y octaedros grandes y estriados de pyrita. Entre los minerales secundarios encontré un poco de cuprita, sulfato de cobre y los carbonatos de cobre ordinarios acompañados de masas noduloso - botroideas de cobre nativo.