

Tesis de Posgrado

Estudio geológico y petrográfico de la Sierra del Morro, San Luis

Pastore, Franco

1914

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Naturales de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Pastore, Franco. (1914). Estudio geológico y petrográfico de la Sierra del Morro, San Luis. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0103_Pastore.pdf

Cita tipo Chicago:

Pastore, Franco. "Estudio geológico y petrográfico de la Sierra del Morro, San Luis". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1914. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0103_Pastore.pdf

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

ESTUDIO GEOLÓGICO Y PETROGRÁFICO

DE LA

SIERRA DEL MORRO

SAN LUIS



TESIS

PRESENTADA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS NATURALES

POR EL EX ALUMNO

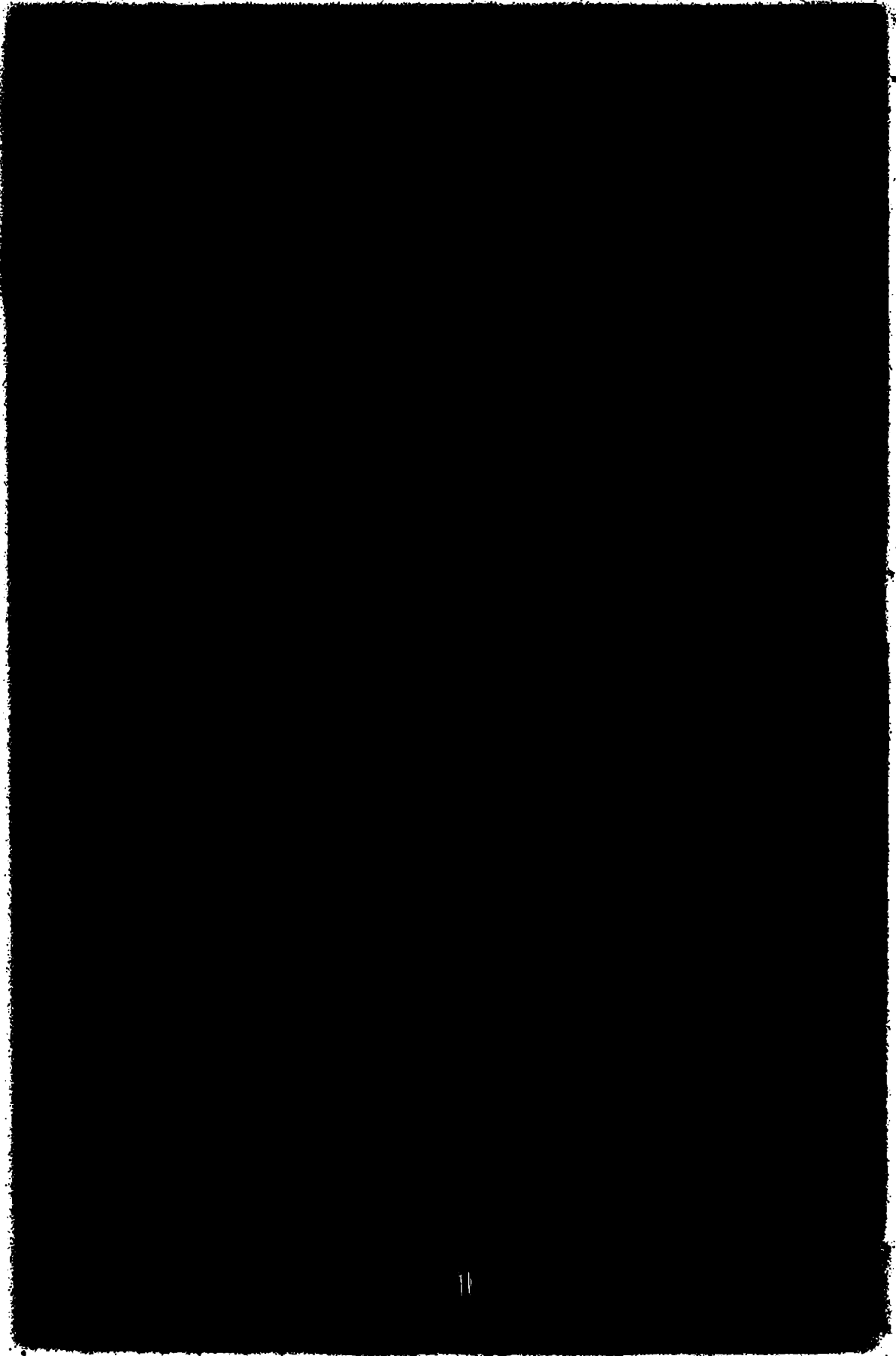
FRANCO PASTORE

Geólogo de la Dirección general de Minas, Geología e Hidrología



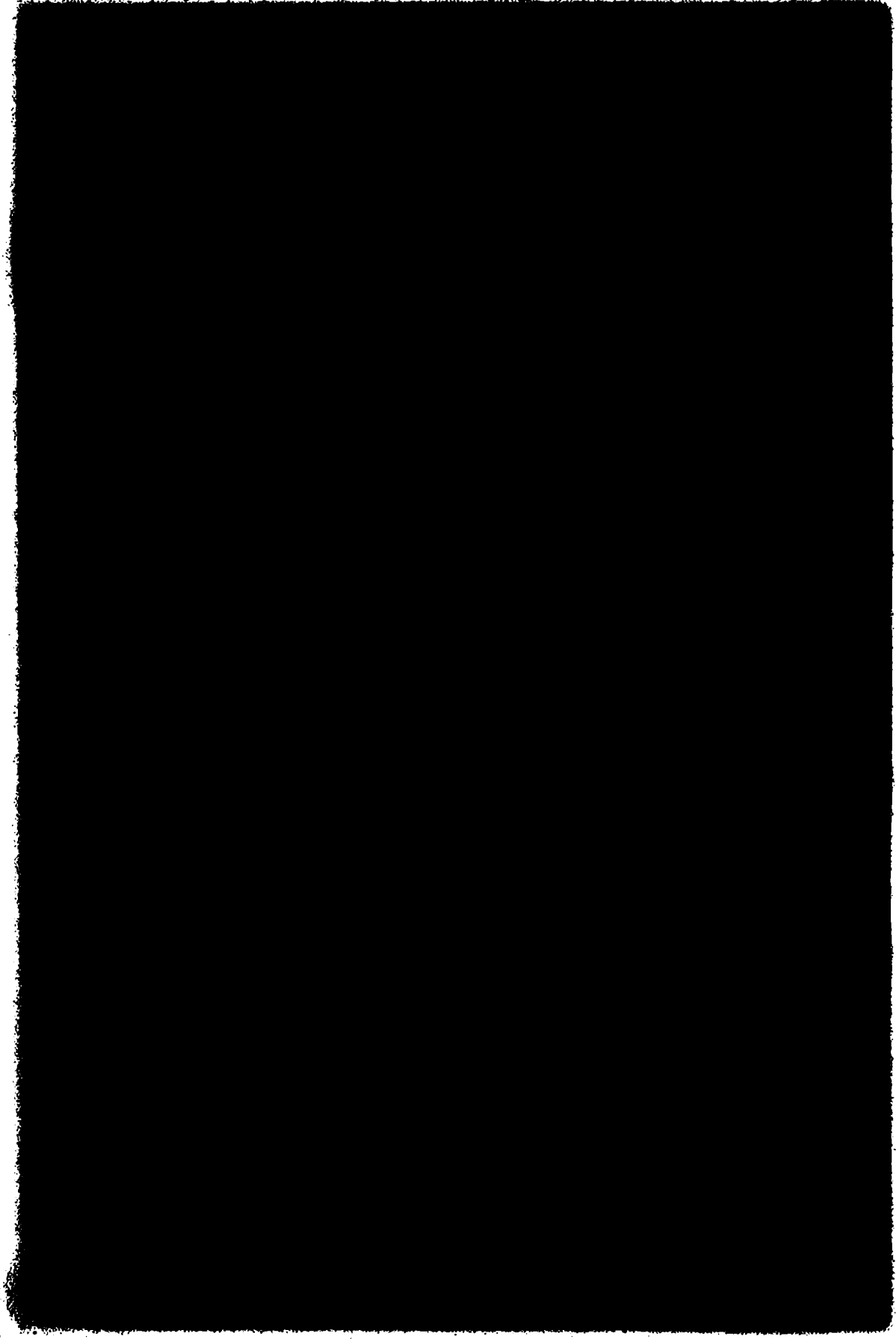
BUENOS AIRES

1914



INDICE

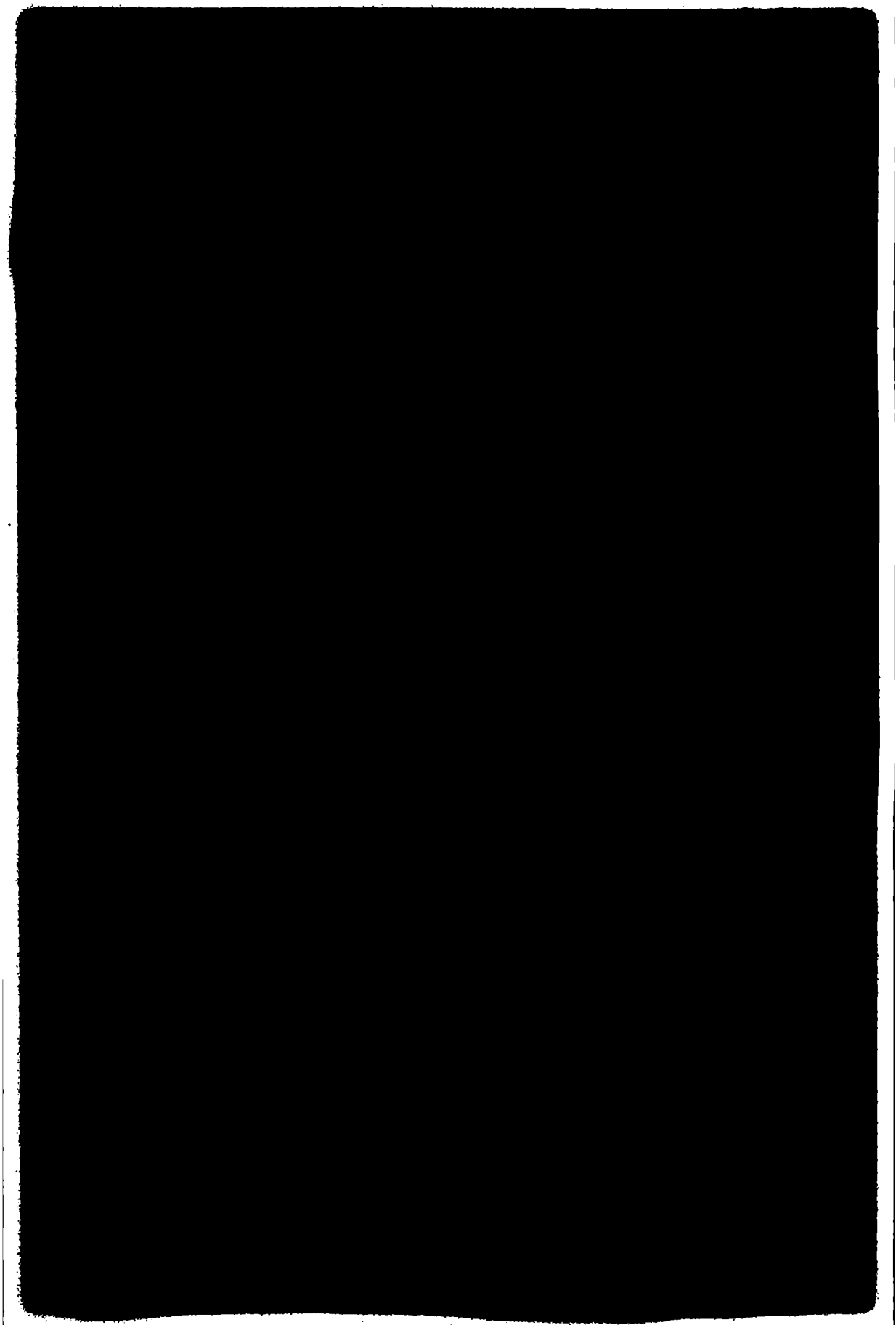
	<u>Página</u>
I — Aspecto general.....	10
II — 1. - Los esquistos cristalinos.....	12
2. - El gneis esquistoso de la región occidental.....	12
3. - El gneis granitoide de la región oriental.....	16
4. - Origen y antigüedad de los esquistos cristalinos....	18
III — 1. - Las vetas intrusivas.....	20
2. - El granito.....	23
IV — Bibliografía (Primera parte).....	25
V — Rasgos tectónicos de la Sierra del Morro.....	26
VI — 1. - Las rocas andesíticas.....	29
2. - Idea general sobre las erupciones andesíticas.....	40
VII — Las rocas sedimentarias.....	43
VIII — Bibliografía (Segunda parte).....	45





PADRINO DE TESIS.

Ingeniero ENRIQUE HERMITTE.

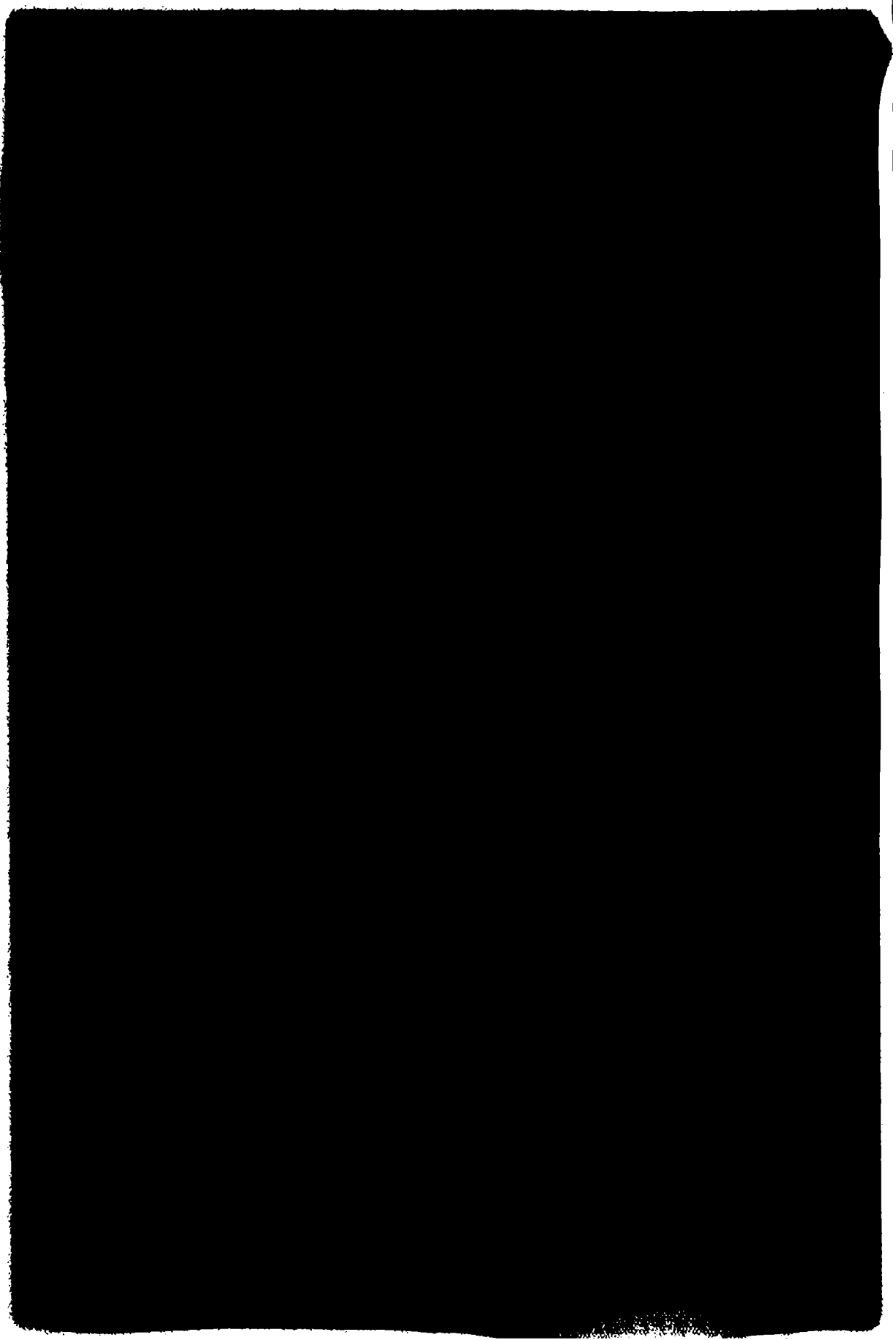


MIS MAESTROS

Doctor Eduardo Holmberg

Doctor Angel Gallardo

Doctor Cristóbal M. Rijke





ESTUDIO GEOLOGICO Y PETROGRÁFICO

SIERRA DEL MORRO

PROVINCIA DE SAN LUIS

Al dejar las aulas no pensaba ocuparme de trabajos de la índole del presente, por más que el estudio de la mineralogía y geología me habían despertado vivo interés; pero un día el señor Director general de Minas, Geología e Hidrología de la Nación, Ingeniero Enrique Hermitte, me invitó a ingresar en la Sección Geología, persiguiendo su propósito de formar poco a poco un personal argentino bajo la dirección del distinguido grupo de técnicos europeos que presta sus servicios en aquella repartición, y cuyos consejos y buena voluntad he podido apreciar, siéndome grato recordar especialmente los nombres de los doctores J. Keidel, H. Backlund, R. Beder, G. Bonarelli, E. Gerth y G. Delhaes.

He realizado por resolución de la Dirección de Minas dos viajes a la Sierra del Morro, el primero en el otoño y el segundo durante la primavera del año pasado. Careciendo de mapa de la región, procedí, ante todo, al levantamiento topográfico en escala de 1 a 25000, sirviéndome de una brújula con pínulas y de tres barómetros aneroides.

El conjunto litológico de ese limitado pedazo de suelo es muy interesante, a pesar de ser poco variado, y en estas páginas me he dedicado principalmente a su estudio petrográfico. Las muestras coleccionadas (unas 150) se guardan en el Museo de la Dirección de Minas; las preparaciones microscópicas llevan los mismos números que las rocas, mitad de ellas han sido hechas personalmente, las restantes por el preparador de la sección, según mis indicaciones.

La Sección Topografía y el Laboratorio Fotográfico me han ayudado eficazmente para la impresión de los dibujos y las láminas.

Durante los trabajos en el campo se me han hecho en la estancia «La Morena» numerosas atenciones; me complazco en manifestar acá mi agradecimiento.

ASPECTO GENERAL

Al noreste de la provincia de San Luis, sobre la orilla izquierda del valle que baja de La Toma a Villa Mercedes, se levanta la Sierra del Morro, montaña bien individualizada, que dista once leguas al norte de esa ciudad.

Las depresiones que la rodean, la separan de los pequeños altos del norte y del este, lo mismo que de las sierritas de Yulto y del Rosario, situadas al sud y al oeste respectivamente.

Tiene aproximadamente la forma de un cono truncado, cuya base más o menos circular de 15 kilómetros de diámetro, está a unos 950 metros sobre el nivel del mar, y cuyos cerros más altos forman el círculo de la pequeña base con algo más de 4.000 metros de diámetro, y alturas que varían de 1.500 a 1.600 metros.

Viajando por la línea del Ferrocarril Pacífico a Villa Dolores, que remonta el valle arriba citado y descende al otro lado de La Toma por el de Concarán, se describe una gran curva al rededor de la sierra. Desde la estación El Morro, hasta más allá de Naschel, se está siempre en frente de ella durante un trayecto de 60 kilómetros; su aspecto desde allí es imponente, y se tiene la impresión de una montaña mucho más alta y larga de lo que es en realidad.

Dentro de la corona cerrada que forman los picos más elevados queda escondida una hermosa cuenca redondeada que baja hasta el nivel de los 1.250 metros, llamada Potrero del Morro. Ella contiene numerosos restos de pequeños aparatos volcánicos con graciosos cuerpos cónicos o cupuliformes que no alcanzan a verse de afuera.

Los portezuelos entre los cerros que forman las paredes del potrero, son altos, y a excepción de la estrecha Quebrada de la Cal, que da salida a la totalidad de las aguas que la cuenca reúne, todas las quebradas de la sierra son exteriores.

La parte alta de las faldas externas tiene fuerte pendiente, pero bajando de los 1.200 metros los flancos de la montaña disminuyen rápidamente su inclinación y forman planicies más o menos extensas y entrecortadas que pasan insensiblemente a la llanura.

Las quebradas son más numerosas y estrechas del lado oeste de la sierra, a causa de la mayor resistencia de la montaña, y se continúan

cortando la extensa altiplanicie de rocas cristalinas que constituye su prolongación occidental, hasta que ésta desciende bruscamente al valle del ferrocarril.

En la otra mitad, los pequeños torrentes llegan muy pronto a los aluviones de la pampa y forman en ellos barrancas tortuosas, cuya amplitud muy grande al principio, disminuye rápidamente de manera que mueren a corta distancia.

I. — LOS ESQUISTOS CRISTALINOS

A excepción de la pequeña masa de rocas volcánicas de su parte superior, la Sierra del Morro está totalmente constituida por rocas metamórficas, a las cuales podemos aplicar aunque no con toda propiedad la denominación general de esquistos cristalinos (1). Su composición es en todas partes la de un gneis biotítico con relativa escasez de feldespatos; pero los fenómenos metamórficos productores de ese conjunto petrográfico de composición tau uniforme, parecen haber sido de naturaleza y grado algo diferentes en las dos mitades occidental y oriental de la sierra, resultando de esto dos tipos estructurales y morfológicos bien distintos, a pesar de su atenuación gradual en las regiones intermedias.

La roca primitiva (probablemente sedimentaria) idéntica en las dos partes, se ha transformado al oeste en un gneis muy esquistoso, fino y regularmente inyectado, y al este en un gneis granitoide cuyo aspecto resulta de la ausencia relativa o de la irregularidad de las cualidades estructurales que caracterizan al anterior. La faja de transición que en cierto modo constituye el límite entre las dos regiones, tiene su extensión longitudinal aproximadamente en la dirección que marcan la Quebrada del Alumbre y la de las Carditas.

2. — EL GNEIS ESQUISTOSO DE LA REGIÓN OCCIDENTAL

Este tiene en general el tipo del llamado en alemán «gebänderter Adergneiss». Es un gneis biotítico gris, perfectamente esquistoso y lleno de venas y láminas cuarzosas de inyección regularmente alternadas con las capas grises ricas de mica cuya orientación preferente corresponde a la esquistosidad. La roca está casi siempre muy des-

(1) El gneis de la zona más baja del metamorfismo es muy poco esquistoso, y a su base está además el granito, que puede considerarse como componente profundo de la montaña.

truída y se separa en lajas delgadas, si bien que muchas veces el fuerte plegamiento mantiene unidas las hojas. (Lám. III).

Al microscopio se observan siempre los mismos caracteres; la muestra 2, del Arroyo de Morro, a la orilla del pueblo, es la más fresca, y muy típica. A pequeños aumentos se ve el conjunto de la roca (Lám. I, 1) con su estructura claramente paralela y su escasa proporción de feldespatos. Este mineral forma granos de tamaño variable, de contornos redondeados, finamente maclados según la ley de la albita, y con frecuencia también según la del periclino; su refringencia es mayor que la del bálsamo de Canadá y menor que la del cuarzo. En las secciones perpendiculares a x , con dirección de vibración de la luz paralela a x' , el ángulo de extinción es igual a -15° , a contar desde la traza de M; valor que indica que se trata de *oligoclasa-andesina*, conteniendo un 30 % de anortita. En varias de esas mismas secciones, el ángulo de extinción entre la dirección de vibración paralela a y' y la traza de la macla del periclino, es igual a $+18^\circ$; lo cual corresponde también a oligoclasa-andesina, con 30 % de anortita (1).

No se halla feldespato potásico, ni se ven formaciones mirmekíticas.

Los granos de *cuarzo* tienen en general los tamaños del feldespato; presentan secciones más o menos redondeadas, y bordes netos; no tienen ningún orden en su orientación cristalina y no muestran extinción ondulada, pero la dirección del diámetro mayor de los individuos concuerda hasta cierto punto con la esquistosidad de la roca.

La *biotita* tiene con gran regularidad sus hojuelas de clivaje (001) paralelas a la esquistosidad, y en las preparaciones microscópicas así orientadas, presenta láminas extendidas de color pardo oscuro y sin variación pleocroica. En cortes perpendiculares a la esquistosidad de la roca, el mineral presenta secciones estrechas y largas, con líneas de clivaje longitudinales y fuerte pleocroismo (α , amarillo verdoso $< \beta = \gamma$, pardo oscuro), algunas hojas están ligeramente alteradas en clorita y magnetita. Existe también la *biotita* en inclusiones redondeadas dentro del cuarzo.

Como mineral accesorio no hay más que algunos pequeños prismas y agujas de *apatita*, generalmente incluidas en el cuarzo.

La roca tiene estructura granoblástica mediana y textura esquistosa; sus características son: falta de la acción cataclástica; compresión bilateral (sobre una sola dirección, *stress* (2)) muy fuerte; esquistosidad de cristalización y adquirida. A esas condiciones de consecuencias visibles deben asociarse forzosamente, la alta temperatura y la presión hidrostática fuerte, dando esta lugar a fenómenos químicos y físicos, pero casi nada mecánicos. Los resultados recientes en esta clase de estudios indican que ese conjunto especial de acciones metamórficas se ha verificado en una zona de profundidad media de la corteza afectada, y

(1) Tablas de BECKE: véase bibliografía.

(2) Palabra inglesa que los autores alemanes encuentran más clara que la de su idioma, *Pressung*.

adoptando la nomenclatura de GRUBENMANN, debe darse a la roca de que nos ocupamos el nombre de *meso-gneis biotítico con oligoclasa*.

Continuando el estudio macroscópico de todo el conjunto petrográfico, diremos que la posición del plano de esquistosidad de este gneis, que corresponde a la posición del gran plegamiento paleozoico productor del macizo cristalino (análogo al del resto de las sierras pampeanas) está determinada por la dirección muy poco variable N. 20° O. (1) y la inclinación, siempre muy fuerte, comprendida entre 80° y 50° E. Las variaciones consisten generalmente en desviaciones hacia el este y disminuciones de la inclinación, y residen principalmente en lugares de la zona limitante con la región oriental.

Debido a esa posición de los esquistos, las faldas de la sierra presentan una superficie erizada de filosas lajas, carácter especialmente notable en la parte externa entre la Quebrada del Alumbre y la del Tigre.

En los cortes profundos de las quebradas, donde la roca está lavada por las aguas, es posible estudiar bien sus cualidades. Se ven allí paredes limpias y relativamente frescas, de color gris azulado, recorridas por las estrias blancas, finas, paralelas y concordantes con la esquistosidad. Existe casi siempre un pequeño plegamiento, a veces débil como simple ondulación, otras veces muy fuerte, producido por el empuje de abajo a arriba, de manera que las finas capas grises de los esquistos y sus láminas ácidas intermediarias, han sufrido juntas la misma flexión ondulada. Con cierta frecuencia la superficie de separación de las lajas se presenta como esmaltada por una finísima capa negra de turmalina, debida a la inyección. Sin duda el magma ácido inyectante ha llenado primero las grietas mayores, muchas de las cuales, debido a pequeñas dislocaciones propias de esas fuertes presiones, eran fracturas más o menos transversales de la roca. Las venas cuarzosas que se han formado en ellas son generalmente las más gruesas y siguen líneas algo irregulares o quebradas que cortan la esquistosidad del gneis con ángulos frecuentemente idénticos durante considerables extensiones. Estas venas de fractura emitieron infinidad de ramificaciones laterales que penetrando entre capa y capa han dado lugar a la fina y completa impregnación intersticial. Con frecuencia puede verse el hecho general de que estas venitas secundarias internándose por los dos extremos opuestos de la misma hendidura, llegan a unirse, ligando entre sí a dos de las de fractura. A veces de distancia en distancia algunas de esas inyecciones derivadas son más gruesas y forman verdaderos tabiques; entonces se limitan ciertas porciones de roca presentando en la superficie visible forma de paralelógramos; ellas están generalmente bien inyectadas y onduladas y tienen además las esquinas más o menos gastadas o disociadas. Estos aspectos no son tan visibles cuando las venas de fractura son finas, interrumpidas o sinuosas, o distan mucho unas de otras para que puedan notarse sus uniones laterales, o cuando las acciones metamórficas han producido un conjunto más irregular.

(1) Rumbo magnético.

Las muy numerosas y largas vetas intrusivas que recorren esta mitad de la sierra constituyen intercalaciones casi siempre paralelas a los esquistos, cuya posición es como se ha dicho consecuencia del plegamiento orogénico.

La uniformidad de aspecto, composición y estructura de los esquistos cristalinos de toda la parte occidental de la Sierra del Morro, presenta una variación notable en la región que comprende el este y la falda del cerrito oriental de Guanaco Pampa (1). Hay allí un gneis biotítico (*muestra 67*) de grano fino, esquistoso, granatífero y lleno de escamas blancas o masas lenticulares como semillas de zapallo, no atacables por los ácidos y de dureza 6-7.

Al microscopio el feldespato, poco abundante, forma granos redondeados maclados según la ley de la albita, de refringencia mayor que la del bálsamo de Canadá, y menor que ϵ del cuarzo. En secciones perpendiculares a z , con dirección de vibración de la luz paralela a z' , el ángulo de extinción, medido desde la traza de M, es igual a $\pm 7^\circ$, y corresponde a una *oligoclasa* que contiene un 25 % de anortita.

El *cuarzo* está en granos de tamaño bastante uniforme y a veces presenta secciones poligonales.

La *biotita* tiene hojas relativamente grandes, generalmente paralelas a la esquistosidad, contiene grandes inclusiones de cuarzo y está alterada, en algunas partes poco o nada, pero en otras completamente y en grandes superficies; se han formado, *magnetita* finamente dividida y una cantidad enorme de *sillimanita* en microscópicos bastoncitos agrupados muy densamente en masas fibrosas y onduladas que constituyen totalmente las lentes y escamas blancas de la roca (Lám. I, 2). El cuarzo que ha llenado los intersticios, aprisiona también pero desordenadamente muchas agujas de sillimanita.

La alteración clorítica es casi insignificante.

El *granate* está disseminado en granos o en masas rojas agrietadas de pocos milímetros.

Este gneis de estructura granoblástica, tiene textura lenticular y corresponde a la zona profunda del metamorfismo, caracterizada por: muy alta temperatura; presión hidrostática muy fuerte; compresión bilateral algo débil, resultando de estas presiones acciones químicas y cristalización lenta con tendencia al idiomorfismo; y por último, formación de ciertos minerales típicos (*sillimanita* y *granate*). Según la nomenclatura de GRUBENMANN, se puede llamar, *cata-gneis biotítico con oligoclasa, sillimanita y granate*.

A unos cuatro kilómetros al oeste del Pueblo del Morro, hay un pequeño yacimiento de cal cristalina blanca de grano mediano, formado por varias interposiciones que miden hasta dos metros de espesor y corren paralelas a los esquistos, poco inclinados allí hacia el este. Entre

(1) Más propiamente esta región ya no pertenece a la mitad occidental de la sierra; se halla sobre la faja limitante, ya mencionada, cuya dirección coincide como se verá más adelante, con una vieja dislocación del macizo cristalino.

la cal y el gneis se ha formado una gruesa capa verde y finamente esquistosa, compuesta de biotita y magnetita. Estos minerales se hallan también diseminados en la masa de la caliza y se agrupan a veces siguiendo planos paralelos a las paredes. Se trata, con toda probabilidad, de primitivos sedimentos calcáreos, transformados en agregados cristalinos, junto con el gneis que los encierra, por el metamorfismo regional, que en las zonas superiores ha sido como ya se ha dicho, más que todo dinámico.

La cantera tiene unos ochenta metros de norte a sud, y se ha explotado superficialmente para las necesidades locales.

3.—EL GNEIS GRANITOIDE DE LA REGIÓN ORIENTAL

Si dando la vuelta a la sierra, salimos por la parte norte de la región que acabamos de estudiar, se nota que algo más allá de La Aguadita las vetas intrusivas, largas y paralelas se terminan, y el gneis principia a cambiar de aspecto, de manera que antes de llegar a Las Higueras, la roca es completamente diferente. Se presenta en bloques redondeados casi como el granito, muy poco esquistosos y que más bien que separarse en lajas, forman cascarrones y se rompen en trozos irregulares. Para ella resulta casi imposible hablar de plegamiento; más bien puede decirse que está arrugada toscamente; tampoco existe una verdadera inyección por venas ácidas. Se conservan todavía en muchos puntos, pero muy groseramente, la dirección general norte sud y la inclinación fuerte al este. Las vetas intrusivas son también en esta parte entrecortadas y nada uniformes. Macroscópicamente, esta roca es un gneis granitoide homoblástico, de grano algo fino, apenas esquistoso, en el cual se distinguen claramente el cuarzo, a veces un poco amarillento, el feldespato blanqueado, y la biotita en hojas pequeñas pero muy abundante.

Al microscopio, la *muestra 80*, de Los Cocos, presenta el feldespato en granos bastante idiomorfos, o redondeados, maclados finamente según las leyes de la albita y del periclino (Lám. I, 3). Su refringencia es mayor que la del bálsamo de Canadá y menor que ϵ del cuarzo. En secciones perpendiculares a α , con dirección de vibración de la luz paralela a α' , el ángulo de extinción, medido desde la traza de M, es igual a $+ 11^\circ$, valor que corresponde a una *oligocasa*, con 27,5 % de anortita.

Los granos de *cuarzo*, algo mayores tienen secciones irregulares o redondeadas y muchas veces se limitan con el feldespato por líneas rectas. No han sufrido una verdadera acción cataclástica, pero en algunos de ellos puede verse la extinción ondulada y la separación de fragmentos. Los intersticios están ocupados irregularmente por granos de cuarzo más pequeños.

La *biotita* no es muy abundante; está en hojas chicas, de bordes cóncavos y corroídos, y carece de orientación uniforme; a veces encierra

pequeños granos de cuarzo, y más a menudo se halla ella como inclusión en el cuarzo y en el feldespato.

La roca tiene estructura granoblástica, o más bien, blastogranítica, y su textura ligeramente esquistosa es inapreciable en preparaciones microscópicas. Las diferenciaciones melanocráticas, frecuentes en este gneis, contienen el mismo feldespato, y se caracterizan únicamente por el enriquecimiento de biotita.

La *muestra 78*, de Las Higueras, tiene feldespato poco abundante, en granos comunmente turbios, agrietados y maclados finamente según las leyes de la albita y del periclino. Su refringencia es mayor que la del bálsamo, y menor que ϵ del cuarzo. En secciones perpendiculares a α , con dirección de vibración paralela a α' , el ángulo de extinción es igual a $+ 12^\circ$, a contar desde la traza de M, valor que corresponde a una *oligoclasa básica*, que contiene un 28 % de anortita.

El *cuarzo* forma la gran mayoría de la masa, en granos de mayor tamaño, de contornos muy irregulares, con frecuencia hendidos por grietas, y no pocas veces con extinción ondulada.

La *biotita* está orientada sin orden ninguno, sus hojas y girones de todas formas y tamaños se han alterado parcialmente en clorita y magnetita, y estos productos se han agrupado con frecuencia en masas con estructura de brecha.

Los tres componentes de la roca forman recíprocamente inclusiones, debido a la ausencia de orden de consolidación y a la relativa movilidad del magma cuando estaba semifluido. La estructura es blastogranítica y la textura apenas esquistosa en grandes masas.

La *muestra 33*, tomada en la falda interna, entre el Cerro de la Mina y el Mogote, tiene la misma composición y estructura que las anteriores, y únicamente se diferencia por cierta variabilidad de su feldespato; la mayor parte de los individuos son de oligoclasa básica, pero hay algunos con ángulos de extinción correspondientes a la oligoclasa media, y otros que pasan el límite hacia la andesina.

Los caracteres que muestran las preparaciones microscópicas son algo ambiguos, pues hasta cierto punto aparecen como contradictorios para clasificar la naturaleza del metamorfismo que ha determinado la formación de esta clase de gneis. Pero asociando los indicios más importantes que revelan su estructura y su textura, tales como, temperatura alta, o muy alta, presión hidrostática muy fuerte, compresión bilateral (stress) débil, consolidación lenta, simultánea y sin movimientos de orientación de los individuos cristalinos, resulta que se trata más bien de una roca de la zona profunda. La cloritización parcial de la biotita y la leve fracturación del cuarzo y del feldespato, poco compatibles con las condiciones mencionadas, creo que podrían atribuirse a una perturbación relativamente posterior, que haya cambiado la intensidad y la manera de obrar de la temperatura y de las presiones, y no me parece descaminada la suposición de que las nuevas condiciones puedan haberse verificado cuando este magma catagnésico haya subido hasta ponerse al lado del mesogneis por una dislocación ascendente de toda la mitad oriental del macizo cristalino (véase rasgos tectónicos).

Los caracteres generales del gneis de la parte oriental de la Sierra del Morro, son algo variables según el grado de irregularidad que el metamorfismo ha dado a sus cualidades. Las segregaciones magmáticas son muy frecuentes en la falda externa de la sierra y sobre todo en sus partes bajas. Comúnmente son manchas oscuras constituidas por acumulaciones más o menos escamosas en reducido espacio y están en posición desordenada. En las inmediaciones de Los Cocos se ha verificado también la separación de cuarzo puro y transparente, o de color rosado, formando nidos redondos de un centímetro hasta medio metro de diámetro.

También existen en este gneis verdaderas inclusiones. Su observación sólo es posible, naturalmente, en los grandes bloques limpios de las quebradas; se ven restos de esquistos biotíticos que se destacan netamente por su estructura más fina, su textura esquistosa y su coloración grisácea, los cuales muchas veces están ondulados, doblados, o torcidos y agrietados, y con los bordes en girones, habiendo penetrado el magma granitoide entre sus hendiduras. Algunas veces la destrucción de estos fragmentos de esquistos es tan grande, que ya no se puede decir con seguridad que tal cosa sean; pero en muchos otros casos se hallan inclusiones redondeadas que no han sufrido alteración ni destrucción, o cuando más una ligera flexión; entonces el magma que las aprisiona no pudiendo penetrar en ellas, las ha envuelto con una capa delgada de color blanco, compuesta de cuarzo y escaso feldespato.

Me parece que esas inclusiones pertenecen al gneis gris esquistoso de la otra mitad de la sierra, que debió formarse, de acuerdo con lo ya expuesto, arriba de este gneis granitoide. Ambas rocas son de la misma composición mineralógica, pero físicamente diferentes, y es indudable que la de la zona profunda tuvo una fluidez mucho mayor y más duradera, lo cual permite suponer que haya incluido trozos de la otra y que los haya destruido en mayor o menor grado sin reacción química, desde que los materiales eran idénticos.

4. — ORIGEN Y ANTIGÜEDAD DE LOS ESQUISTOS CRISTALINOS

Para reconocer si la roca primitiva que ha formado las dos clases de gneis, era sedimentaria o eruptiva, las condiciones de observación son muy precarias.

Por analogía con formaciones idénticas de numerosas regiones del continente, que se asocian a verdaderos sedimentos, parece probable que también los esquistos cristalinos de la Sierra del Morro hayan tenido ese origen, y de esa manera se han considerado. En apoyo de esta idea serían útiles los siguientes indicios que generalmente se enumeran: restos de sedimentación; existencia de fósiles; indicios de ma-

teria orgánica grafitizada; pasaje de calizas a mármoles; restos de primitivos sedimentos clásticos (conglomerados, brechas etc.); algunos caracteres especiales del metamorfismo; formación de ciertos minerales relativamente característicos; composición química y relación cuantitativa de ciertas bases, etc. La mayor parte de ellos pertenecen a la categoría de hallazgos, y en la comarca no se han verificado, a excepción del de la citada cal cristalina, que es idéntica a las de esa clase de la Sierra de Córdoba, en las que el Dr. ROBERTO BEDER ha encontrado formas con aspecto de braquiópodos (1) que probarían su origen como interstratificaciones calizas (probablemente silúricas) en los sedimentos que pasaron a ser esquistos cristalinos. Según esto, el plegamiento del gran macizo central sería paleozoico, y nuestra pequeña región que es parte de él, habría sufrido en la misma época, el mismo proceso metamórfico.

En cuanto a los demás indicios de identificación, correspondientes a caracteres morfológicos, mineralógicos o químicos, ellos son generalmente sutiles o dudosos y su percepción sólo es posible estudiando detalladamente amplias regiones y muy numerosas muestras. En esas condiciones, la apreciación meditada de todos los factores obtenidos por los variados medios de observación, relacionados de acuerdo con su asociación natural, permitirá juzgar definitivamente sobre este asunto, cosa que no podemos hacer ahora.

(1) Las calizas cristalino granulosas de la Sierra de Córdoba y sus fenómenos de contacto. Bol. N° 7, serie B.—Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, p. 5. 1913.

I. — LAS VETAS INTRUSIVAS

Con el objeto de evitar confusiones, he separado de los fenómenos de inyección los intrusivos, si bien que en la naturaleza unos y otros pertenecen al mismo proceso, que es el conjunto de violencias que un magma granítico ha ejercido sobre las rocas que lo cubrían. Por la misma razón usaremos el nombre de vetas para las intrusiones magmáticas, distinguiéndolas de las menudas penetraciones que hemos llamado venas al tratar de la inyección.

En líneas generales, la mayor parte de esas intrusiones son pegmatíticas y paralelas en dirección e inclinación con los esquistos cristalinos; pero hay muchas variaciones tanto en la roca que las constituye como en su posición relativa. Comúnmente ellas se componen de una pegmatita gruesa con separación de sus elementos en masas considerables; casi siempre la *muscovita* es algo escasa, el feldespatos es *microclino* rosado, y el *cuarzo* blanco a él unido lateralmente, se conserva más elevado por su resistencia, de manera que aparece a la distancia formando los crestones característicos. Son muy frecuentes vetas de esta clase que contienen *cuarzo* casi solo; más raras en cambio las constituidas casi exclusivamente de feldespatos.

La mayor parte de los largos cordones que corren por la falda occidental de la sierra, entre la Quebrada del Tigre y La Aguadita, pertenecen a una pegmatita de grano menudo, que contiene con frecuencia pequeños granates y poco o nada de mica, y cuyo *cuarzo* finamente distribuido, es a veces rosado. Algunos de estos cordones pasan arriba de La Aguadita a una aplita blanca, *muestra 64*, compuesta principalmente de *oligoclasa* muy alterada, llena de inclusiones de *cuarzo* y mezclada íntimamente con pequeños granos de éste; tiene además algunos residuos de *biotita* muy dividida y alterada, gran cantidad de *sillimanita* producida a expensas de la mica, formando masas fibrosas y también inclusiones aciculares desordenadas dentro del *cuarzo*, y por último numerosos *granates* pequeños, parte de los cuales tienen secciones groseramente idiomorfas de color amarillento claro.

La aplita forma principalmente muchas de las vetas de la región sudeste, lo cual puede tener tal vez relación con la proximidad del batolito granítico, cuyos afloramientos se ve que también ha atravesado.

Hacia el este de Estancias Unidas, existen como formaciones laterales corriendo juntas con las vetas pegmatíticas, segregaciones básicas en pequeñas fajas verdes, *muestra 74*. Presentan una masa esquistosa pesada, formada en gran parte de hornblenda verde botella muy pleocroica, fresca, pero en granos y secciones destruidas e incompletas. Del feldespato se ven escasos restos de *oligoclasa*; el *cuarzo* está en pequeños granos rotos; además hay muchos fragmentos de *tilanita* y frecuentes granos de *apatita*. En La Sala y en El Tala he hallado también estas pequeñas vetas básicas, acompañando lateralmente a algunas intrusiones pegmatíticas.

Respecto a la forma y posición, ya hemos dicho al estudiar los esquistos cristalinos, que en la región del gneis esquistoso (occidental de la sierra) las vetas son mucho más rectas y están regularmente orientadas como los esquistos; podemos agregar que ellas son generalmente largas, simples y delgadas, y dibujan líneas claras escalonadas en la falda de la montaña. Esa regularidad desaparece casi completamente en la región del gneis granitoide, donde las intrusiones magmáticas son gruesas, entrecortadas y con más frecuencia ramificadas, resultando una difusión tal vez mayor, pero menuda y mal distribuida.

Estas diferencias en la pegmatización, son consecuencia de la naturaleza y del grado de las acciones magmáticas, como lo son también las que hemos encontrado en las formas de la inyección e íntima penetración, y en la estructura petrográfica del gneis, conduciendo a la distinción de dos zonas de profundidad del metamorfismo.

En términos generales, todas las vetas deben considerarse como innumerables ramificaciones de materiales ígneos relativamente acuosos y cargados de agentes mineralizadores, emitidos por el batolito granítico al finalizar su trabajo, porque ellas ocupan a veces hasta las grietas del granito mismo ya consolidado, y parece, como ya lo ha manifestado el Dr. BEDER (1) que las emisiones más ácidas son las que han llegado más lejos.

Dejando de lado el *cuarzo* y el *feldespato*, podemos hacer la siguiente enumeración de minerales contenidos en las vetas magmáticas de la Sierra del Morro y sus alrededores:

MUSCOVITA; nunca es muy abundante en las vetas y sus hojas son siempre de pocos centímetros de superficie, pero presenta a menudo buenas formas. Los mejores cristales los he encontrado al noroeste de La Aguadita.

BIOTITA; es rara, se halla a veces en pequeñas hojas negras mezclada con muscovita.

TURMALINA; forma masas de prismas aciculares negros, entrecruzados y cementados por *cuarzo*, principalmente en la falda interna del Cerro del Hueco. Un pequeño filón negrusco de *feldespato* mezclado con agujas de turmalina, se halla al

(1) Las vetas con magnetita (martita) y las de wolframita de la pendiente occidental del Cerro del Morro (San Luis). Boletín N° 3, Serie B. Direc. Gen. de Min. Geol. e Hidrol., Minist. de Agric. 1913. p. 7.

norte de La Posta; en él han practicado algunos piques, creyendo tal vez que se tratase de un mineral metalífero.

GRANATE; algunas vetas en El Sauce y al norte de La Posta tienen en el cuarzo, y menos a menudo en el feldespato, cristales de granate rojo subido de más de un centímetro de diámetro. Las pegmatitas y aplitas de La Aguadita, contienen como se ha dicho gran cantidad de granos y pequeños cristales de este mineral. Fuera de los lugares citados es bastante raro.

HEMATITA; es muy común y generalmente tiene buenas formas cristalográficas del sistema cúbico debidas a la pseudomorfosis de magnetita llamada *martita*. Las pegmatitas poco cuarzosas son las que la contienen con más frecuencia. Abunda en un filoncito pegmatítico de la cima del Cerro de la Mina y es probablemente el motivo de su nombre. En el lugar llamado Arroyo con Agua, hay una veta más rica que ha sido estudiada por el Dr. **BEDER**. (1).

WOLFRAMITA; existe solamente en varias vetas de cuarzo bastante irregulares y ramificadas de la región denominada Loma Blanca, que queda al noroeste del lugar arriba citado. El Dr. **BEDER** ha estudiado también este yacimiento de mineral tan importante; todavía no han ensayado su explotación.

APATITA; es un mineral muy abundante en las pegmatitas de toda la sierra; se halla por lo común en masas verdes irregulares y agrietadas o con hábito groseramente prismático, incluidas en el feldespato.

FLUORITA; es más rara, se encuentra principalmente en la región de la Loma Blanca acompañando a la wolframita y en algunas pegmatitas muy pobres de feldespato. Constituye masas informes de color violáceo claro sucio.

BERILO; los crestones blancos de cuarzo de algunas vetas del cerrito occidental de Guanaco Pampa y de la falda externa del Cerro Malo, contienen cristales de este mineral amarillentos o azulados, bastante grandes, pero opacos y alterados.

ZIRCÓN; lo he hallado en prismas bipiramidados que miden casi un centímetro de longitud en una pegmatita que corre entre El Mogote y el Rodeo de los Castaños. La veta contiene también apatita, y hacia los bordes presenta una textura fibrosa. **BRACKEBUSCH** lo había coleccionado también (2) probablemente en el mismo lugar, porque no lo he visto en ninguna otra parte.

(1) Las vetas con magnetita etc.

(2) Mineralogisch—petrographische Untersuchung argentinischer Pegmatite mit besonderer Berücksichtigung der Struktur der in ihnen auftretenden Mikrokline, von P. **SABERSKY**.—Neues Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal. VII. Beil. Bd. S. 400. 1891.

2. — EL GRANITO

El foco de las acciones metamórficas de la Sierra del Morro y regiones circunvecinas residió como ya lo he expresado, en un batolito granítico cuya existencia denuncian las prolongaciones y ramificaciones intrusivas descritas, al mismo tiempo que ella se comprueba por los numerosos afloramientos de esa masa profunda, muchos de los cuales se deben a la denudación. Ha quedado el granito al descubierto en casi toda la extremidad norte de la Sierrita de Yulto; forma también el Cerro de La Avanzada, y se extiende por la orilla occidental del pueblo hasta el otro lado del Arroyo del Morro. En la Sierra del Morro ha aparecido a la superficie sólo en la estancia «La Morena»; el afloramiento es muy estrecho y tiene de este a oeste unos 400 metros de longitud.

En todos los lugares citados se trata de un granito rosado biotítico, de feldespatos relativamente grandes, algo escaso de cuarzo, y cuya alteración está casi siempre muy avanzada. La roca del último punto mencionado, *muestra 85*, forma grandes bloques redondos, tan destruidos que se pueden desgranar con los dedos hasta constituir una arena muy gruesa.

Al microscopio aparecen a primera vista por su tamaño y abundancia las secciones de *microclino* con su linda estructura de reja; hay también algunas de *ortosa* bien frescas; ambos feldespatos presentan casi siempre asociaciones peritéticas. Por último existen otras secciones más escasas y menores de plagioclasa, generalmente idiomorfas y muy alteradas estando a menudo incluídas o envueltas por las de los otros feldespatos. Su refringencia es mayor que la del bálamo de Canadá y menor que ϵ del cuarzo; en cortes perpendiculares a α , con dirección de vibración de la luz paralela a α' , el ángulo de extinción, medido desde la traza de *M*, es igual a $+ 8^\circ$, por lo que se trata de una *oligoclasa básica*.

El feldespato potásico forma frecuentemente con el cuarzo masas de mirnequita.

El *cuarzo*, ya se ha dicho poco abundante, es generalmente alotriomorfo, pero se halla también en gran parte hipidiomorfo, incluído en los feldespatos potásicos, y aun ocupando los senos de corrosión de algunos cristales de oligoclasa; no presenta roturas y está lleno de inclusiones líquidas con burbuja, diseminadas o agrupadas en cordones.

La *biotita* no es tampoco muy abundante, y entre los elementos esenciales, es ella el único mineral coloreado; sus hojuelas de tintes claros y fuertemente pleocroicas contienen generalmente granos y pajuelas de *magnetita*. El espectroscopio no revela en esta mica la presencia de litio.

Como componentes accesorios se observan algunos granos más o menos idiomorfos de magnetita, fragmentos de pequeños prismas de *titanita*, y más raramente menudos granos de *apatita* y *zircón*.

Esta roca pegmatoide, hipidiomorfa granulosa gruesa, no cataclás-tica, y compacta, podría llamarse *granilita alcalina biotítica*, por su re-lativamente escasa proporción de cuarzo, su contenido preponderante de feldespatos alcalinos, la ausencia en ella de muscovita, y la existencia de una cantidad no muy grande de biotita como elemento hierro mag-nesiano.

El granito del Pueblo del Morro, ya descripto por el Dr. BEDER, tiene la misma composición mineralógica y caracteres generales. Mi muestra de ese lugar (N.º 99) se diferencia apenas de la arriba estudiada, por su contenido menor de *ortosa*, y porque la plagioclasa, también es-casa y alterada, es algo más básica (en secciones perpendiculares a α ; con dirección de vibración paralela a α' , su ángulo de extinción, a con-tar desde la traza de M, mide con pequeñas variaciones $\pm 17^\circ$; valor correspondiente a una *andesina ácida*).

IV

BIBLIOGRAFÍA

(PRIMERA PARTE)

- KÜHN, B.—Untersuchungen an altkristallinen Schiefergesteinen aus dem Gebiete der argentinischen Republik. Neues Jahrb. für Mineralogie, Geologie und Paläontologie. VII Beil. Bd. S. 295. 1891.
- BODENBENDER, G.—La Sierra de Córdoba. Constitución Geológica y productos minerales de aplicación. Anales Minist. Agric. Sección Geol., Mineral y Min. T. I.—Nº. 2. 1905.
— Parte meridional de la Provincia de La Rioja y regiones limítrofes. Anales Minist. Agric. Sección Geol., etc. T. IV.—Nº. 3. 1912.
- GRUBENMANN, U.—Die kristallinen Schiefer. Zweite Auflage. Berlin. 1910.
- BECKE, F.—I.—Über Mineralbestand und Struktur der kristallinen Schiefer. S. 1.—II. Optische Untersuchungsmethoden. S. 55.—III. Zur Physiographie der Gemengteile der kristallinen Schiefer. S. 97. Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. LXXV Bd. I. Hbd. 1913.
- VAN HISE, CH. R.—A treatise on metamorphism. Monographs of the U. S. Geological Survey. Vol. XLVII. 1904.
- SÆDERHOLM, J. J.—Die regionale Umschmelzung (Anatexis) erläutert an typischen Beispielen. Comptes rendus XI Congrès Géol. Intern. p. 573 - 586. Stockholm 1910.
— Über die Entstehung der migmatischen Gesteine. Einige kritische Bemerkungen. Geologische Rundschau IV Bd. 3 Heft. S. 174 - 185. 1913.
- TERMIER, P.—Sur la genèse des terrains cristallophylliens. Comptes rendus XI Congrès Géol. Intern. p. 587 - 595. Stockholm 1910.
- SABERSKY, P.—Mineralogisch-petrographische Untersuchung argentini-scher Pegmatite mit besonderer Berücksichtigung der Struktur der in ihnen auftretenden Mikrokline. Neues Jahrb. für Mineralogie, Geologie und Paläontologie VII Beil. Bd. S. 359. 1891.

RASGOS TECTÓNICOS DE LA SIERRA DEL MORRO

A todo el mundo se oye decir, y hasta algunos exploradores dejaron subsistente la suposición de que la Sierra del Morro, por presentar dentro y fuera restos evidentes de erupciones volcánicas, y por su forma cónica coronando una gran taza superior semejante a un enorme cráter, sea un volcán apagado; pero el examen de la comarca demuestra como diremos después, que se trata más bien de un centro de acción volcánica distribuída, en numerosos pequeños aparatos, y que lo que se ha mirado como cono y cráter del gran volcán, no son tales, porque están constituidos por el gneis.

Según los estudios que anteceden, el cuerpo de la sierra es una porción de un gran macizo cristalino formado probablemente en el paleozoico por el plegamiento y metamorfismo de rocas sedimentarias. Con la figura 1, que representa esquemáticamente la pequeña parte local de la corteza plegada y afectada por el metamorfismo, se trata de explicar mediante una dislocación (que parecería haberse producido al finalizar el proceso metamórfico) la posición relativa de las rocas correspondientes a los diferentes grados o escalones del metamorfismo, pues, al oeste se halla ahora en la superficie el meso-gneis y aun la cal cristalina, que debe corresponder a su parte superior, y al este de la línea de falla, está el cata-gneis y hasta llega a aflorar el granito.

La denudación ha ejecutado desde aquel tiempo un enorme trabajo de nivelación del macizo, eliminando sus zonas superiores (S y E del oeste, S, E y M de la parte oriental, fig. 1).

Pero la montaña actual, fig. 2, se debe a un levantamiento del viejo macizo, que corresponde probablemente a los movimientos orogénicos terciarios del resto de las sierras pampeanas, y esto mismo hace pensar su relieve relativamente joven. La amplia cuenca central que no puede ser resultado de la erosión, presenta indicios de haberse originado por el hundimiento de un trozo poligonal de la superficie. Tratándose de rocas gnéissicas de las condiciones descritas, las fallas y dislocaciones que por el descenso debieron producirse, se han hecho como es natural, poco visibles; pero el alineamiento de una gran parte de los orificios de salida de los materiales andesíticos, coincidiendo con algunas de las fallas más probables, proporciona datos concretos que confirman la existencia del hundimiento.

La más clara de estas líneas corresponde a una falla marginal que une rectamente seis aberturas volcánicas, desde el Cerro de los Bancos, hasta el pequeño pico situado enfrente del Mogote. Otra línea que denuncia una falla periférica parcialmente aprovechada por las erupciones, corre desde la gran grieta del Cerro de los Bancos, que pertenece a ella, forma la pared casi vertical del Cerro del Hueco, y se continúa con la Quebrada del Alumbre; su posición coincide con la de la antigua dislocación del macizo cristalino.

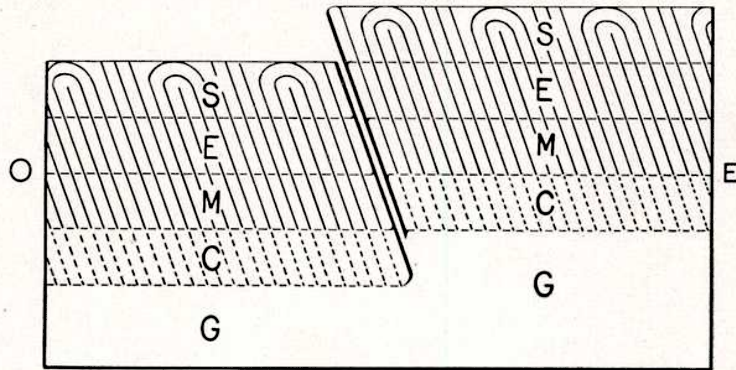


Fig. 1. — Posición relativa de las rocas metamórficas en el cuerpo cristalino de la Sierra del Morro. S, sedimentos no afectados por el metamorfismo; E, epi-gneis; M, meso-gneis; C, cata-gneis; G, granito.

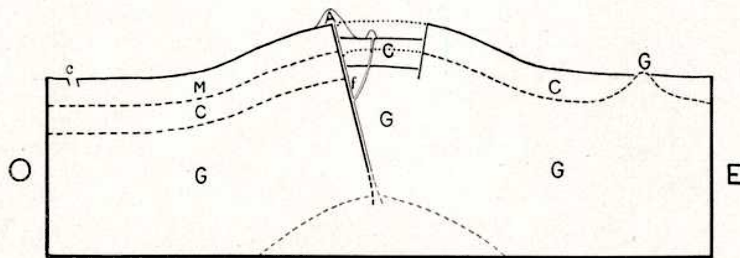


Fig. 2. — Corte esquemático de la Sierra del Morro. M, meso-gneis; C, cata-gneis; G, granito; A, rocas andesíticas; f, falla; c, cal cristalina.

Es muy verosímil que el perímetro se cerraba por otras fallas orientales, las cuales se disimulan porque han permanecido cerradas. Las roturas diametrales o radiales que se habrán producido también, son de ubicación más incierta y tienen menos importancia para las presentes consideraciones.

Las dos fracturas evidentes, arriba mencionadas son además paralelas a las más grandes quebradas que surcan el exterior de la sierra (véase el mapa) y es natural que estas últimas se hayan excavado poco a poco en las direcciones en que la montaña había cedido.

Tratando de explicar desde el principio este conjunto de fenómenos, me parece más probable que el levantamiento de la sierra sea

obra de una masa magmática profunda cuyas derivadas efusivas serían las rocas andesíticas; cuando la enorme presión hubiese vencido la resistencia de esta especie de intumescencia, habría comenzado la erupción de las traquiandesitas y andesitas, regularmente, no en forma explosiva, aprovechando más bien las grietas producidas; entonces la descarga que se efectuaba por unas doce o quince pequeñas bocas de erupción, habría motivado el descenso de la bóveda relativamente entera (fig. 2) porque parece que se ha dislocado preferentemente por las grietas marginales.

I. — LAS ROCAS ANDESÍTICAS

El núcleo de erupciones de la Sierra del Morro representa la extremidad sudeste de la serie de bocas andesíticas que se han abierto transversalmente a toda la Sierra de San Luis, y que el criterio dominante considera correspondientes al final del terciario; pero en esta parte no he encontrado datos paleontológicos o de otro género que conduzcan a precisar más, o a modificar los conocimientos sobre su edad.

Una parte de las rocas volcánicas son traquitoides, ricas de sanidina, pero también de minerales hierro magnesianos y plagioclasas relativamente básicas, y corresponden a algunas de las muestras de una colección de BRACKEBUSCH estudiadas por TANNHÄUSER (1) las cuales ROSENBUSCH (2) ha denominado poco después traquiandesitas, considerándolas idénticas a las de Siebengebirge; las demás son andesitas augíticas de pasta compacta o cavernosa, y parece que en la región quedaron casi inadvertidas para BRACKEBUSCH. Ultimamente el Dr. HELGE BACKLUND ha descrito una de estas rocas (3).

En las páginas anteriores se ha expresado cómo muchos de los canales eruptivos atravesaron la masa de los esquistos cristalinos. Dos de los orificios volcánicos (Cerros del Hueco y del Tala) son exteriores, y otros dos (El Mogote y la grieta de Los Bancos) se han abierto sobre las altas paredes que circundan el Potrero del Morro; pero todos los restantes se hallan dentro de él. Describiremos brevemente los principales cerros y aparatos volcánicos y los caracteres petrográficos de las rocas que los constituyen.

EL MOGOTE.—El cuerpo de este cerro ha sido profundamente denudado debido a su posición tan encumbrada, por eso lo que ahora queda de él, tiene forma esbelta, si bien que se disloca en grandes bloques. Estos principian algunos metros más arriba de los portezuelos

(1) Petrographische Untersuchungen an jungvulkanischen Gesteinen aus der argentinischen Republik. Neues Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal. XXII. Beil. Bd. S. 555. 1906.

(2) Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. II. 2. Ergussgesteine. S. 1117. 1905.

(3) Véase Constitución geológica, hidrogeológica y minerales de aplicación de la provincia de San Luis, por el Dr. ENRIQUE GERTH.—An. Minist. Agric. Sec. Geol. Mineral. y Min. T. X. N.º 2 p. 29.1914.

este y oeste del cerro, de manera que visto de perfil, él se presenta como equitando sobre el muro de gneis (Lám. IV). Por su situación completamente independiente y por su altura, es indudable que se ha formado por una chimenea propia. Exceptuando los pocos restos que quedan sobre una pequeña planicie exterior, la colada andesítica ha desaparecido completamente de ambas faldas de la sierra.

La roca, *muestra 15*, es de color gris casi blanco, con grandes fenocristales de feldespato transparentes, agrietados y muy frágiles, y rica en minerales negros en pequeñas partículas. Está muy alterada, tiene fuerte olor a arcilla y se adhiere a la lengua. Su pasta áspera y porosa, se rompe con gran facilidad, y en la superficie de los bloques se pone sucia y llena de agujeros, por la eliminación de los grandes feldespatos, que son todavía más destructibles. Estos son monoclinicos y prismáticos por igualdad de desarrollo de las caras M y P.

Al microscopio, los trozos de esos grandes fenocristales y casi todos los pequeños feldespatos de segunda generación, tienen en todas las direcciones cristalográficas refringencia menor que la del bálsamo de Canadá. Las secciones algo mayores están generalmente muy rotas por más cuidado que se tenga en la preparación de los cortes microscópicos; pero se obtienen siempre algunas bastante completas y de orientación determinable. Entre éstas; las que son perpendiculares a la bisectriz obtusa positiva γ , tienen con dirección de vibración de la luz paralela a α' , un ángulo de extinción, desde la traza de P, que varía de $+ 6^\circ$ a $+ 9^\circ$. Eso indica que en los cortes de este feldespato paralelos a (010), la bisectriz aguda negativa α , contenida en ellos, hace con el eje cristalográfico a , un ángulo de $+ 6^\circ$ a $+ 9^\circ$. Según IDDINGS (1) esta cualidad corresponde a una *sanidina* con un contenido de sodio bastante elevado. Muchos de estos feldespatos tienen un núcleo central de extinción diferente, que es un indicio de su crecimiento. Los cristales más pequeños componen casi por completo la masa de la roca, y sus secciones son cortos rectángulos (Lám. I, 4); tanto éstas como las de los fenocristales, no presentan casi nunca maclas, y con frecuencia tienen pequeñas inclusiones de augita o de apatita.

Hay otro feldespato representado por numerosos fenocristales de secciones tabulares largas, macladas según la ley de la albita, a veces asociada a la del periclino. Tienen índice de refracción más elevado que el bálsamo. Las que son perpendiculares a γ , con dirección de vibración paralela a α' , tienen un ángulo de extinción de $+ 6^\circ$, lo que corresponde a una andesina que contenga un 36 % de anortita. En otras secciones perpendiculares a α , con dirección de vibración paralela a α' , el ángulo de extinción mide $+ 21^\circ$ a contar desde la traza de M, valor correspondiente a una *andesina* con un 35 % de anortita.

La *hornblenda* es abundante en esta roca; algunas secciones están bastante completas, pero la mayor parte de ellas se han destruído, formándose en sus bordes una faja negrusca, y exteriormente, una aureola

(1) Rock minerals, p. 235. 1913.

amarillenta de oxidación. La corrosión y alteración química han atacado completamente a algunos cristales y a los trozos menores del mineral, y parece que además de la transformación en magnetita, se han producido granos de augita.

El pleocroismo y la absorción de esta hornblenda son como siguen: α , verde amarillento claro < β , verde botella < γ , verde pardusco. Su ángulo de extinción $\gamma : c$, pasa de 10° .

La *augita* es menos abundante que la hornblenda; presenta buenas secciones, pero generalmente forma pequeñas masas irregulares y granos alterados muy a menudo en magnetita. La mayor parte de las secciones son de color verde claro de tinte azulado, muy poco o nada pleocroicas; las que son perpendiculares a α , tienen el ángulo $\gamma : c$ igual a 67° , lo que indica que se trata de *egirina-augita*. Hay algunos cristales agrupados en cruz.

La *magnetita* es muy abundante como producto de la alteración de los minerales hierro magnesianos, en pequeñas manchas de bordes amarillos, o en granos o secciones toscamente cuadradas.

Como mineral accesorio, hay algunos prismas de *titanita*.

La pasta de esta roca de textura cristalina fina, se compone de infinidad de cristalitos idiomorfos de sanidina casi sin fluidalidad y con un poco de vidrio intersticial acompañados de algunos granos de augita y magnetita, y su estructura es la que ROSENBUSCH ha llamado ortofirica. De acuerdo con la denominación adoptada, ésta es una *traquian-desita*.

PEQUEÑO DIQUE SITUADO FRENTE AL MOGOTE, FALDA INTERNA.
—El material andesítico de este cerrito ha cortado por una grieta transversal la loma que continúa inferiormente la falda del Cerro de Cumbres Altas. Está formado de capas verticales con dirección este oeste, bien visibles del lado norte donde presenta una pared a pico.

La roca, *muestra 42*, es compacta, no muy alterada, de color gris claro, y está formada por una pasta granulosa fina en la que se hallan diseminados fenocristales de feldespato de tamaños relativamente pequeños, y minerales oscuros, notándose a simple vista sólo la masas fibrosas de la hornblenda.

Al microscopio, los mayores feldespatos (Lám. I, 5) tienen buenas secciones tabulares, macladas según la ley de la albita, pocas veces asociada con la del periclino. La macla de Carlsbad es más rara. La estructura zonal es frecuente, y se ve más claramente en las secciones equidimensionales.

El índice de refracción de todos los feldespatos es más alto que el del bálsamo de Canadá. En secciones perpendiculares a α , con dirección de vibración de la luz paralela a α' , el ángulo de extinción, medido desde la traza de M, es igual a $+ 21^\circ$, lo que indica que se trata de una *andesina* que contiene 35 % de anortita.

Hay muchos cristales de *hornblenda* verde o verde pardusca, alguna vez maclados según (100). Su pleocroismo varía del verde acei-

tuna al verde negrusco, o del verde amarillento al verde pardusco, el ángulo de extinción ($\gamma : c$) es algo mayor de 10° .

El fenómeno de resorción es en ella muy frecuente, muchas secciones presentan los bordes negruscos; a veces la masa oscura ocupa su parte central; en otros casos finalmente, en agujeros producidos por la alteración de la hornblenda se han formado granos de magnetita idiomorfos.

La *augita* es más escasa que la hornblenda, tiene color verde claro azulado, sin pleocroismo. Se presenta en secciones incompletas, pero principalmente en fragmentos bastante destruidos.

La *magnetita* es muy abundante en la roca, diseminada en la pasta en partículas más o menos idiomorfas; pero con gran frecuencia se presenta asociada a la hornblenda y a la augita, como producto de la alteración interna o periférica de estos minerales, teniendo forma de granos o cortezas irregulares.

Como minerales accesorios, hay *apatita* en inclusiones aciculares y *titanita* en pequeños prismas fragmentados.

La pasta de la roca es muy fina, formada de granulaciones de feldespatos birrefringentes rodeadas de vidrio. El conjunto tiene refringencia algo menor que la del bálsamo, y contiene granos de augita, mucha magnetita con bordes parduscos y amarillos, y masas granulares de titanita, asociada a la augita, o llenando los senos de corrosión de ésta, en cuyos casos parece ser su producto de alteración.

Por su composición y caracteres, esta roca se acerca más a la andesita.

Siguiendo la línea de falla que corre rectamente hacia el oeste, la grieta se interrumpe, pero puede verse con bastante claridad su continuación en las acumulaciones situadas antes de llegar al Cerro Pajoso, las cuales concuerdan también por el sistema general de sus planos de fractura. La parte principal de esos materiales consta de una roca gris clara compacta, *muestra 45* con fenocristales relativamente grandes y frescos, y abundancia de partículas fibrosas de minerales negros, los cuales se acumulan en algunos puntos en manchas oscuras de grano fino.

Al microscopio se ven fragmentos de algunos grandes fenocristales de *sanidina*, y aun los pocos cristales más chicos de ese feldespato están generalmente muy rotos.

Mucho más abundante es otro feldespato de refringencia más elevada que la del bálsamo de Canadá. Sus secciones mayores son zonales y finamente macladas; las que son perpendiculares a α , tienen, con dirección de vibración de la luz paralela a α' , un ángulo de extinción de $+ 20^\circ$, a contar desde la traza de M; lo que indica que pertenecen a una *andesina* con 34 % de anortita.

La *hornblenda* es muy abundante en secciones idiomorfas generalmente incompletas, pero poco alteradas, de color aceituna y pleocroismo no muy intenso (α , amarillo verdoso $< \beta$, verde $< \gamma$, verde oscuro). Su ángulo de extinción, $\gamma : c$, es de unos 12° .

No hay augita en fenocristales.

Como accesorios se observan muchas columnas de *apatita* y fragmentos de prismas de *titanita*.

La pasta es hipidiomorfa; se compone de pequeños corpúsculos feldespáticos mal limitados, encerrando un poco de vidrio; el conjunto es apenas menos refringente que el bálsamo. En esta masa feldespática de consolidación posterior, se hallan incluidas pequeñas partículas de hornblenda, uno que otro cristalito de augita casi incolora, corroído y lleno de titanita, que parece producto de su alteración, y numerosas columnas y agujas de *apatita*.

Las manchas oscuras arriba mencionadas se deben a una agrupación menuda de los elementos melanocráticos, teniendo: pequeños cristales de hornblenda muy largos y asociados a veces en cruces oblicuas, titanita idiomorfa y en masas granulares, magnetita, y augita escasa, corroída y reemplazada casi totalmente por la titanita. El feldespato forma apenas la mitad del volumen de estas manchas, es alotriomorfo y está lleno de inclusiones de titanita y *apatita*.

Esta roca puede llamarse *traquiaudesita*.

CERRO PAJOSO.—Su forma cónica se debe al desmoronamiento, pero constituye la prolongación de la mencionada grieta de erupción, y por eso aparecen también en él las fracturas verticales de la roca con dirección este oeste. La *traquiaudesita* que lo compone tiene igualmente manchas básicas, está más alterada, y presenta con frecuencia fenocristales de *sanidina* de mayores dimensiones.

CERRO DEL TALA.—Esta acumulación con chimenea independiente se ha formado sobre la falda externa, al este de la Sierra del Morro. La roca volcánica, *muestra 47*, ocupa sus dos tercios superiores y descansa sobre estratificaciones tufáceas de inclinación convergente. Está sumamente alterada presentándose en bloques de superficie escabrosa debido a los agujeros originados por la disgregación y eliminación de los feldespatos; exteriormente es sucia, adentro es gris blanquecina. Es rica en minerales oscuros y tiene con gran frecuencia finas masas esféricas constituidas por estos elementos. Sus fenocristales de *sanidina*, muy destruidos, forman prismas que miden hasta más dos centímetros de lado.

Entre sus feldespatos, alternan con los de *sanidina*, fenocristales de una plagioclasa con secciones macladas según la ley de la albita y a veces zonales, de refringencia mayor que la del bálsamo de Canadá, y cuyo ángulo de extinción en los individuos cortados perpendicularmente a α , con dirección de vibración de la luz paralela a α' , es igual a $\pm 17^\circ$ a contar desde la traza de M. Este valor indica que se trata de una *andesina ácida*, que contiene un 32 % de anortita.

La *hornblenda* es muy abundante y casi siempre idiomorfa. La mayor parte de sus secciones son amarillentas o pardas y muestran zonas de resorción; su pleocroísmo y absorción son, para las más frescas: α , amarillo pardusco < β , pardo rojizo < γ , pardo negro, siendo las más

alteradas muy oscuras y de escaso pleocroísmo. Su ángulo de extinción ($\gamma: c$) es nulo o de pocos grados (tipo basáltico).

Los pocos individuos de color y tintes de pleocroísmo verdes, tienen ángulos de extinción que se aproximan a 20° y corresponden a la hornblenda común.

El piroxeno en fenocristales es mucho más escaso: tiene secciones de prismas cortos con pleocroísmo débil, variando del verde claro al amarillo dorado y el ángulo $\gamma: c$ mide en él 70° , carácter que corresponde a una *egirina-angita*.

La pasta de esta roca se compone de muy pequeños cristales de sección rectangular (Lám. I, 6) y refringencia casi igual a la del bálsamo, rodeados por infinidad de microlitas delgadas y un poco de vidrio, menos refringentes que el bálsamo y mezclados con gran cantidad de piroxeno microlítico, en bastoncitos verde amarillento claros. Esta masa contiene también granos de *magnetita*, agujas de *apatita* y algún trozo de *titanita*; su estructura es hialopilitica algo fluidal.

Las segregaciones básicas se componen de gran cantidad de hornblenda parda en secciones estrechas y largas, entrecruzadas, y feldespatos más refringente que el bálsamo, casi alotriomorfo y lleno de inclusiones aciculares de *apatita*.

Algunas de estas segregaciones melanocráticas tienen además mucha *augita*, que parece una formación secundaria a expensas de la hornblenda.

A esta roca corresponde también la denominación de *traquiandesita*.

El HUECO.—La gran masa montañosa que forma la pared sudoeste del Potrero del Morro, se ha denominado Cerro del Hueco, porque tiene en su falda meridional algo así como un gran agujero, bastante profundo y encerrado (véase el mapa y el perfil) producido por una erupción andesítica cuyos últimos restos ocupan aun su centro, permitiendo ver como en una disección anatómica la posición y forma del pequeño aparato volcánico, casi totalmente eliminado por la denudación (Lám. V). Hay una columna central de roca muy compacta, rodeada por un aglomerado de erupción de cemento muy firme y análogo a las inclusiones de todo tamaño que lo componen; este conjunto obstruye la chimenea, cuyas paredes de tobas en lajas blancas y delgadas, están de todos lados fuertemente inclinadas hacia el centro.

El cono de acumulación ha desaparecido completamente; pero por los residuos que quedan de su borde superior en lo alto de la falda, se ve que había alcanzado una considerable altura.

La roca de la columna central, *muestra 46*, es gris azulada, con feldespatos relativamente grandes, y rica en minerales negros. Se presenta en bloques compactos cuya parte periférica es más azulada, más dura, y de aspecto casi córneo, lo cual es debido muy probablemente a que ha sufrido por fuera el efecto de una nueva fusión. Las manchas azuladas de la cocción se distribuyen también irregularmente en toda la roca, alternando con las partes más claras y terrosas.

Al microscopio, los grandes fenocristales de feldespato, que no son muy numerosos, presentan secciones algo rotas, pero bastante frescas, macladas según las leyes de la albita y del periclino, y de refringencia mayor que la del bálsamo de Canadá. Las que son perpendiculares a α , con dirección de vibración de la luz paralela a α' , tienen un ángulo de extinción de $\pm 18^\circ$ (promedio) a contar desde la traza de M; valor que corresponde a una *andesina* con 32 % de anortita.

La *hornblenda* abunda en la roca, pero está casi siempre en secciones rotas o en fragmentos aislados. Su ángulo de extinción es de pocos grados. La alteración ferrífera es tan avanzada, que muchas secciones son casi negras y opacas; en las más claras, el pleocroismo y la absorción, son: α verde amarillento $\prec \beta$, verde pardo $\prec \gamma$, pardo oscuro.

La *augita*, verde pálido, de tinte azulado, es mucho más escasa que la hornblenda.

Como minerales accesorios se hallan también algunos pequeños prismas de *titanita* y de *apatita*.

La pasta se compone casi exclusivamente de cristalitos de feldespato con secciones rectangulares cortas (Lám. II, 1), generalmente simples y de refringencia menor que la del bálsamo, rodeados por una considerable cantidad de vidrio y microlitas en barritas cuyo índice de refracción es aun menor. Este material feldespático contiene algunos granos de magnetita y manchas de oxidación.

Por su composición y estructura puede decirse que esta roca es una *traquiandesita ortofirica*.

LA GRIETA DE LOS BANCOS.—Parece que por esta abertura larga y estrecha, han tenido lugar las erupciones más grandes de toda la región. Sus despojos actuales tienen abajo una brecha volcánica y más arriba una roca andesítica erizada de puntas a consecuencia de la fracturación vertical (Lám. VI). La grieta era casi vertical y corría hasta el Cerro Horqueta, cuya punta es de la misma roca.

Los materiales de esta erupción colmaron el gran valle alto de la Quebrada del Tigre y llegaron a derramarse por encima del Cerro Pelado a la izquierda, y de las dos alas del Cerro Horqueta, a la derecha. Ahora esa amplia quebrada está de nuevo casi vacía, pero conserva en sus dos faldas abundantes residuos correspondientes a los niveles de las estratificaciones brechosas y tufáceas (Lám. VI).

El manto superior que alcanzó a correr a ambos lados por encima del gneis de los dos cerros mencionados, está constituido por una roca diferente de la cual nos ocuparemos a continuación: describiremos primero la que se halla debajo, formando como hemos dicho el Cerro de los Bancos, y la punta del Cerro Horqueta, *muestra 89*. Es una roca gris azulada clara, compacta, microgranosa, con pequeños fenocristales de feldespato blanqueados, y rica en elementos melanocráticos finamente distribuidos.

Al microscopio, el feldespato tiene secciones idiomorfas poco frescas, macladas según las leyes de la albita, del periclino y de Carlsbad.

La estructura zonal es general, y a ella se han amoldado la disposición de las inclusiones, y la de los fenómenos de alteración. Las zonas centrales y los bordes de las grietas son las regiones más atacadas, y el producto principal de la destrucción de esta plagioclasa parece ser calcita.

El índice de refracción de todos los cristales es mayor que el del bálsamo de Canadá. En secciones perpendiculares a α , con dirección de vibración de la luz paralela a α' , el ángulo de extinción, medido desde la traza de M, es igual a $\pm 23^\circ$; lo cual corresponde a una *andesina* con 37 % de anortita, es decir, de composición media.

La *hornblenda* es bastante abundante; presenta buenas secciones poco atacadas por la resorción. Su pleocroísmo y absorción, son: α , amarillo verdoso < β , verde amarillento < γ , verde aceituna.

Más abundante aun es la *augita*, generalmente idiomorfa, a veces maclada según (100), de color verde azulado pálido, que pasa al amarillento por efecto del débil pleocroísmo. Su ángulo de extinción $\gamma : c$, es próximamente de 50° , carácter de una *augita* media.

Hay mucha *magnetita*, a menudo asociada a la *augita*; forma áreas irregulares, o toscamente cuadradas.

También existe *apatita* en inclusiones en el feldespato, y libre en pequeños prismas.

La pasta es microlítica fluidal y de estructura hialopilitica. Las microlitas de feldespato tienen forma de bastoncitos, y tanto ellas como el vidrio que las envuelve son de refringencia menor que el bálsamo. En ese conjunto aparecen diseminados infinidad de puntos de oxidación y numerosos fragmentos de *augita* y cristales de *apatita*.

Esta roca se aproxima por su composición y estructura a la *andesita*.

Pasemos al manto superior, *muestra 39*, del ala norte del Cerro Horqueta. La roca es muy fresca y dura; se presenta dislocada en bloques muy sonoros, exteriormente pardo rojizo claros, adentro más oscuros y grisáceos. Tiene una pasta microcristalina, cavernosa y de fractura áspera; a simple vista se distinguen en ella el reflejo de las barritas de feldespato, los granos de piroxeno amarillento, y las innumerables cavidades causantes de la sonoridad de la roca.

Al microscopio presenta una masa compuesta de cristalitos de feldespato y de *augita* dispuestos en todas direcciones, y rodeados fluidalmente por una considerable cantidad de microlitas feldespáticas, con muy poco vidrio intersticial (Lám. II, 2).

Los feldespatos tienen secciones casi rectangulares, no muy frescas, y macladas según las leyes de la *albita*, del *periclino* y de *Carlsbad*. Casi todos los cristales tienen extinción zonal; las partes periféricas son más refringentes que el bálsamo de Canadá, las zonas internas lo son más aun; lo cual indica que los feldespatos son más básicos hacia el interior. En secciones perpendiculares a α , con dirección de vibración de la luz paralela a α' , el ángulo de extinción medido desde la traza de M, varía según los individuos y las zonas de $\pm 20^\circ$ a $\pm 30^\circ$ lo que quiere decir que su composición pasa desde una *andesina* hasta un *labrador básico*.

Las finas granulaciones vítreas tan frecuentes en los feldespatos, se agrupan en capas concéntricas siguiendo la disposición zonal de los cristales.

Las microlitas forman un fieltro de bastoncitos de refringencia menor que la del bálamo.

No hay hornblenda.

La *augita* es casi tan abundante como los cristales de feldespato. Presenta muy buenas secciones de color verde claro, sin pleocroísmo, con frecuentes agrupaciones estrelladas, y a veces también macladas según (100). Hay secciones zonales y con estructura de ampolleta. Las que son perpendiculares a α , tienen el ángulo $\gamma:c$ de 48° , valor que corresponde a una *augita* media.

Por último, la roca contiene también gran cantidad de *magnetita* en granos y secciones de todo tamaño, raramente idiomorfa y casi siempre asociada a la *augita*.

El manto que cubre el Cerro Pelado, *muestra 28*, pertenece a la misma roca, y presenta macroscópicamente las mismas cualidades. Al microscopio se ven igualmente infinidad de pequeños feldespatos de secciones rectangulares, numerosísimos cristales de *augita* y gran cantidad de *magnetita* dentro de un fieltro de microlitas feldespáticas que tiene frecuentes cavidades.

Los feldespatos son idénticos a los de la muestra anterior y la *augita* presenta de la misma manera lindas secciones verdes pálidas, agrupadas en cruz o en estrella, llenas de pequeñas áreas de *magnetita*, y a menudo con estructura zonal o de ampolleta (Lám. II, 3).

La roca de estas dos muestras que componía el extenso manto más alto, es una *andesita augítica* porosa.

CERRO DE LOS CÓNDORES.—Este pico corresponde a una boca de erupción. La denudación le ha dado una forma muy aguda (Lám. VII) a causa de las condiciones de resistencia de la roca que es muy compacta, de color gris claro y casi sin alteración superficial, *muestra 16*. Está constituida por una masa granulosa homogénea, a simple vista claramente fluidal, con fenocristales de feldespato relativamente chicos y llena de manchas de minerales negros, pudiéndose distinguir también granos amarillo verdosos de *titanita*.

Al microscopio, los feldespatos se presentan torcidos, quebrados y corroídos, con penetración de *titanita*; sólo algunos cristales tienen estructura zonal, y la macla más frecuente es la de la albita, raras veces asociada a la del periclino. Su índice de refracción es mucho más elevado que el del bálamo de Canadá. En secciones perpendiculares a α , con dirección de vibración de la luz paralela a α' , el ángulo de extinción, desde la traza de M, es igual a $\pm 25^\circ$, e indica que pertenecen a un *labrador* con 52 % de *anortita*. Otras secciones perpendiculares a γ , con dirección de vibración paralela a α' , tienen ángulos de extinción que varían entre -17° y -22° , valores que corresponden también a un *labrador* ácido. Es cierto que esta clase de secciones dan con pequeños

defectos de orientación, resultados más inexactos, pero en el presente caso sus indicaciones concuerdan con las de los cortes α .

Hay numerosos fenocristales de piroxeno de color verde subido, bastante pleocroico y con secciones zonales; las que son perpendiculares a α , tienen el ángulo $\gamma: c$ de 57° , por lo que se trata de *egirina-augita*.

Se ven en esta roca gran cantidad de agrupaciones redondeadas o fusiformes con las extremidades prolongadas como colas por la fluididad (Lám. II, 4), compuestas de hornblenda, magnetita y augita. La *hornblenda* constituye siempre el núcleo de esas formaciones; es pardusca muy destruída y agrietada, y en gran parte está transformada en *magnetita*; en sus cavidades contiene también augita, pero la mayor cantidad de este mineral forma la capa envolvente y sus prolongaciones. Estas asociaciones permiten formarse una idea de la edad y relaciones recíprocas de los minerales, como también de las reacciones del magma.

Como elementos accesorios hay, además de los fragmentos de magnetita, abundantes prismas de *titanita* y también algunos de *apatita*.

La pasta de la roca tiene poco vidrio intersticial y está formada por cristalitas de feldespato imperfectos, menos refringentes que el bálamo y gran cantidad de granos de augita, de titanita y de magnetita, siendo el conjunto completamente fluidal.

La augita de la pasta, lo mismo que la que envuelve los núcleos arriba citados, es de coloración pálida y no tiene pleocroismo.

Esta roca es una *andesita augítica* compacta, de estructura cataclástica y fluidal.

CERRO PEINADO.—Tiene una hermosa forma de cúpula (Lám. VIII y IX) que es, podría decirse, el muñón central del antiguo pico. Se compone totalmente de andesita fresca y dura; de sus paredes se desprenden a favor de infinidad de grietas verticales, trozos grandes pero delgados a la manera de escamas, y la grosera estratificación concéntrica que resulta, parece debida a la presión que la eyección producía sobre la materia semisólida o viscosa.

La roca, *muestra 17*, es compacta, de color gris azulado, constituída por una pasta de aspecto casi córneo, llena de granos medianos correspondientes a los cristales de feldespato y a los minerales negros. A simple vista se distinguen también cristalitas de titanita con caras bien desarrolladas.

Al microscopio, el feldespato se presenta siempre muy quebrado y torcido (Lám. II, 5); gran cantidad de grietas lienden sus cristales que están además corroídos y rellenados con *titanita*. La extinción es a veces muy ondulada por efecto de las deformaciones mecánicas; la macla de la albita es muy común, pero malamente visible. El índice de refracción es mucho mayor que el del bálamo de Canadá. Las secciones perpendiculares a α , tienen, con dirección de vibración de la luz paralela a α' , un ángulo de extinción de $\pm 25^\circ$, a contar desde la traza de M, por lo que corresponden a un *labrador* que contiene un 52 % de anortita.

Aunque no con la misma abundancia, se hallan también en esta roca las masas fusiformes de minerales hierro magnesianos que contiene la andesita del Cerro de los Cóndores, y acá parece también que la *hornblenda* pardusca y corroída que forma el núcleo, haya sido la sustancia matriz de esas formaciones.

No hay más hornblenda que la de esos núcleos; era un mineral escaso en la roca, y todos sus individuos han sufrido el probable proceso de alteración.

La *augita* forma muy numerosos cristales, a veces reunidos en grupos estrellados, con buenas secciones apenas pleocroicas, y por lo común de extinción zonal, o en forma de ampolleta. Con más precisión puede decirse que se trata de *egirina-augita*, porque en las secciones perpendiculares a α , en ángulo γ : c, es igual a 57° .

Los trozos y secciones más o menos idiomorfas de *magnetita*, están casi siempre asociados a la augita.

Como minerales accesorios, se observan muchos cristales de *titanita* y raramente algunos de *apatita*.

La pasta se compone de cristalitos y corpúsculos alargados de feldespato, en disposición fluidal, imperfectamente activos a la luz polarizada, de refringencia apenas menor que la del bálsamo, con poco vidrio intersticial, y mezclados con granos de augita, titanita y magnetita.

Lo mismo que la anterior, esta roca es una *andesita augítica* de estructura cataclástica y fluidal.

CERRO DE LA LAGUNA.—Sobre una base de brecha volcánica y tobas se ha acumulado la andesita augítica de este cerro. Es una roca gris blanquecina, bastante fracturada, microgranosa, con pequeños feldespatos blanqueados y minerales oscuros destruidos formando manchitas irregulares. En muchas partes presenta marcada estratificación por compresión.

La muestra estudiada, número 34, no tiene estratificación, pero presenta al microscopio caracteres que indican que, fuera de la acción ulterior de destrucción, la roca ha sufrido alteraciones antes o durante el proceso eruptivo. Los feldespatos son a menudo turbios, de secciones muchas veces incompletas o rotas y de extinción ondulada; los cristales se componen generalmente de numerosas zonas concéntricas (Lám. II, 6) y su índice de refracción, mucho mayor que el del bálsamo de Canadá, crece de las zonas periféricas a las internas. Se ven maclas de la albita, del periclino y de Carlsbad.

En secciones perpendiculares a α , con dirección de vibración de la luz paralela a α' , el ángulo de extinción mide generalmente $\pm 30^\circ$ desde la traza de M, pero baja hasta $\pm 25^\circ$; luego, las zonas más básicas corresponden a un *labrador* con 60 % de anortita, y las más ácidas, a uno que contiene 52 %

La mayor parte de los feldespatos tienen inclusiones de granos de vidrio, de augita, de magnetita, y también encierran pequeños prismas de apatita. Generalmente estas inclusiones siguen las zonas de creci-

miento de los cristales. Las regiones más alteradas son casi siempre las zonas centrales, que se han vuelto opacas. Parece que las penetraciones de muchas secciones corroídas son de titanita.

La *hornblenda* es muy escasa en esta roca, sólo se hallan algunos pequeños restos parduscos, destruídos y disociados, pasando a *augita*. Sin duda la poca *hornblenda* que ella contenía se ha transformado por alteración en *augita* y *magnetita*.

La *augita* es el elemento coloreado mas abundante; se presenta en secciones idiomorfas bastante destruídas y zonales, conteniendo en sus senos de fractura y corrosión trozos de *magnetita* y más raramente pequeñas columnas de *apatita*. Son muy abundantes los fragmentos del piroxeno esparcidos generalmente junto con *magnetita* y rodeando ambos a veces, los residuos fibrosos parduscos pleocroicos de la *hornblenda*.

La pasta de esta andesita se compone de microlitas y cristalitos cortos imperfectos, irregularmente activos a la luz polarizada, de un feldespato mucho más refringente que el bálamo, dispuestos en posición intersertal, con un poco de vidrio intersticial, y mezclados con granos de *augita*.

Para concluir esta descripción de las acumulaciones andesíticas, réstanos decir algunas palabras de otros dos cerros edificados por las acciones volcánicas, interesantes también por su forma.

CERRO BAYO.—Se compone de brechas de erupción en gran parte bien cementadas y con inclusiones de gneis, y superiormente de un aglomerado andesítico rojizo, bastante compacto y homogéneo. En su rama sudeste aparece un pequeño dique vertical que corre de norte a sud; por lo demás, parece que la forma curiosa de este cerro ha sido moldeada por las de sus circunstantes, el Pajoso, el de las Cuevas, el Peinado y el de los Cóndores.

CERRO DE LAS CUEVAS.—Un orificio de erupción ha acumulado allí una toba terrosa de color gris sucio y llena de inclusiones brechosas de andesita, de gneis y de *pegmatita*. El cerrito tiene forma hemisférica muy regular, pero la erosión ha producido sobre su material tan fácilmente destructible, infinidad de pequeñas cavernas donde el puma pasa tranquilamente sus días (Lám. X).

2. — IDEA GENERAL SOBRE LAS ERUPCIONES ANDESÍTICAS

Los restos actuales de la masa de productos, permiten conocer con alguna claridad, la sucesión, la ubicación y la magnitud de las acciones volcánicas, pero mucho menos de lo que podría pensarse teniendo en cuenta que se trata de fenómenos recientes.

Sede principal de las erupciones ha sido el Cerro de los Baucos, cuya grieta ha emitido la mayor parte de los materiales que corrieron por las faldas exteriores y dentro del Potrero del Morro, yendo por este lado a salir por la Quebrada de la Cal, para desparramarse también afuera hacia el sudeste. En toda la superficie de distribución, los primeros productos volcánicos aparecen sobre el gneis o sobre las toscas y terrenos arcilloso calcáreos de que nos ocuparemos más adelante, y pasan de simples inclusiones pequeñas y escasas a capas delgadas de conglomerados menudos y brechas de naturaleza tufácea sobre las cuales han corrido brechas eruptivas, superiormente más gruesas hasta componerse de grandes bloques con escaso cemento, y por fin, parece que sobre éstas se extendieron en muchas regiones las rocas lávicas.

La erupción debe haber comenzado por las traquiandesitas, porque a ellas pertenecen las primeras inclusiones, el conglomerado y las brechas inferiores; estas últimas colmaron con sus potentes bancos la Quebrada del Tigre, y aun tienen allí considerable espesor. También se hallan las traquiandesitas en grandes bloques sobre el gneis de las regiones externas poco alejadas de los orificios de eyección, y me parece probable que en esos lugares ellas hayan formado mantos de alguna extensión, que debieron destruirse rápidamente, algunos desde el principio, los otros después de perder su cubierta más resistente.

La andesita augítica ocupa una posición superior, reconocible por su ausencia en las primeras acumulaciones y por el hecho de componer ella únicamente el manto que ha corrido a mayor altura, derramándose lateralmente por encima del Cerro Pelado y de las dos alas del Cerro Horqueta. Luego, la erupción de la grieta de Los Bancos pasó gradualmente de una fase traquiandesítica a una andesítica.

La enorme distribución que la andesita salida por esta boca, tiene sobre las faldas y planicies exteriores de la sierra, correspondiendo a la extensión del antiguo manto que ella formaba, se explica fácilmente por la relativa fluidez que acusa su estructura. Ahora esa gran cubierta, a pesar de su mayor solidez, está de tal manera destruída, que generalmente sólo quedan sobre el gneis infinidad de pequeños bloques sueltos redondeados, lisos y de color pardo claro rojizo (caracteres especiales de la destrucción de esta andesita) cuya abundancia, escasez, o ausencia, dependen del grado de horizontalidad de las superficies. La mayor parte de las planicies altas presentan mezclados los dos tipos de materiales, traquitoides y andesíticos, siendo muy difícil reconocer allí su posición recíproca; esto se debe al hecho de que la destrucción ha fragmentado la capa superior y atacado después más activamente la otra.

De los demás aparatos volcánicos, parece, a juzgar por sus despojos y por los restos dispersos en su vecindad, que el Mogote, el Cerro del Tala y el Hueco, han emitido materiales que corresponden solamente a la erupción traquiandesítica; en cambio es evidente que los cerros de la Laguna, de los Cóndores y Peinado, se han edificado durante la fase andesítica. Los dos últimos, pero especialmente el Peinado, son el resultado de una eyección en cierto grado viscosa, cuyos caracteres morfológicos y petrográficos se han descrito.

A primera vista, observando la sierra casi completamente desnuda, y reconstruyendo con los actuales girones el destruido manto que sólo cubría a medias sus faldas, pero que en muchas partes tenía espesores de cientos de metros, precisamente donde ahora no queda ni el más leve vestigio, porque todo ha sido hasta esa profundidad disgregado y transportado, no se diría que hace poco tiempo que la montaña se cubrió con su tapado volcánico; pero se vuelve de la sorpresa si se piensa en la destructibilidad de ese abrigo cuyas capas basales son en sumo grado alterables y en el trabajo de las acciones diluviales que han llegado a excavar grandes valles, principalmente al este y al norte de la sierra.

Los productos volcánicos que se reunían dentro de la cuenca del Potrero del Morro, han salido casi completamente, primero al estado fresco por las corrientes a que habrán dado lugar los fenómenos eruptivos y más adelante por el trabajo incesante de la denudación; y la única vía de eliminación ha sido la Quebrada de la Cal, porque los demás portezuelos eran demasiado altos.

Al borde occidental del Cerro de la Laguna hay un charco de agua en medio de un bajo pantanoso y movedizo, que a veces se hace intransitable para el ganado. Todos los habitantes de la comarca refieren que antiguamente había allí una gran laguna que ocupaba todo el pretendido cráter.

No hay duda que ese pequeño pantano corresponde a la parte más baja de una vieja laguna más grande; pero yo creo que la formación de la Quebrada de la Cal es consecuencia de un accidente tectónico contemporáneo de la depresión del Potrero del Morro, y en ese caso, antes o muy luego de acumularse, habrán encontrado las aguas una fácil salida, limitándose así las dimensiones del receptáculo; las erupciones han debido desalojarle en gran parte, y un nuevo empequeñecimiento por el cambio de régimen del cuaternario, lo habrá reducido a su insignificancia actual.

La circunstancia de no haber hallado depósitos lacustres, apoya estas deducciones.

LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

En la Sierra del Morro estas rocas tienen limitada extensión; cubren la elevada cuenca central y las partes más bajas de las planicies exteriores, y tienen carácter de loes o de tierras arenosas más o menos gruesas. Su interpretación estratigráfica es muy dudosa, por la no existencia de otras formaciones sedimentarias con las cuales se las pueda relacionar, y por la falta casi absoluta de datos paleontológicos. En vista de esto, y tratándose de una superficie tan pequeña de la región mediterránea, hasta ahora mal conocida en su conjunto, describiré brevemente los dos tipos litológicos y estratigráficos hallados, ubicándolos entre los límites amplios de lo más probable.

La primera de estas formaciones es reconocible en varios lugares del rededor de la sierra, Los Cocos, Corral de Piedra, La Guardia (antigua, La Higuera, El Sauce, Los Pozos, La Sala, etc. En la desembocadura de la Quebrada de la Cal, que comprende los tres primeros de esos puntos, es donde se ve mejor, la serie de sedimentos que descansa sobre el gneis. Hay en primer lugar una capa de tosca que llega a tener hasta dos metros de espesor, muy dura y compacta, de color amarillento rosado claro, y compuesta de carbonato de calcio casi puro (no tiene magnesia). Sus escasas inclusiones son granos de cuarzo y pequeñas venas y drusas silíceas. No se le ven fósiles ni al microscopio.

Más arriba, este calcáreo tiene color algo más oscuro y se hace más terroso y rico de arcilla, principiando luego a contener algunos pequeños rodados de traquiandesita. Subiendo más aun, se pasa a una tierra arcillosa de tinte rojizo y muy poco o nada calcárea, que presenta al microscopio, granitos de cuarzo, algunos fragmentos de cristales de feldespato, menudas hojas de biotita, raros granos de hornblenda y algunas pequeñas astillas de vidrio volcánico. Ella alterna en espesores decrecientes y con estratificación perfecta, con las primeras capas del conglomerado de traquiandesita, menudo y blanquecino, y allí termina, pues hacia arriba siguen solamente los materiales volcánicos.

El conjunto de los terrenos rojizos, calcáreos en la base y superiormente muy arcillosos, cuyo espesor pasa a veces de ocho metros, no contiene fósiles, pero es anterior a las erupciones andesíticas, a más de que su composición y aspecto hacen muy probable que pertenezca al terciario superior.

En las restantes localidades las capas difieren principalmente por sus dimensiones, pero tienen los mismos caracteres generales.

La formación sedimentaria que cubre la hermosa cuenca del Pebrero del Morro, es más reciente que la descrita; descansa en gran parte sobre las brechas de la erupción andesítica, y me parece un loes primitivamente eólico modificado por las aguas, principalmente donde ha sido transportado y mezclado con arena más o menos gruesa y materiales de desmoronamiento.

El espesor de los sedimentos llega en algunos puntos a más de cinco metros y están cortados, a veces totalmente, por profundas barrancas desde que las aguas bajan de las piedras, hasta su llegada a la Quebrada de la Cal. En general presentan el siguiente perfil: 0.50 a 1 metro de tierra vegetal oscura y bastante arcillosa; 1 metro de tierra más clara calcárea arcillosa, en cuya base se han formado infinidad de concreciones calcáreas humeriformes, que por su disposición en superficies continuas parecen ocupar el lugar de las raíces de una antigua vegetación; y de allí hasta el fondo sigue un loes suelto, pulverulento fino, amarillo claro, arcilloso y muy calcáreo, que muestra al microscopio pequeños granos de cuarzo, partículas de feldespato, granos de magnetita y raras astillitas de vidrio volcánico.

En la barranca que da la vuelta por el sud del Cerro Peinado, he hallado en este loes mezclado con delgadas capas de arena y cascajo, un hueso que el Jefe de la sección paleontológica del Museo Nacional de Buenos Aires, señor CARLOS AMEGHINO, ha reconocido como parte de una vértebra lumbar de un gran gravígrado, muy probablemente del género *Megatherium*. Por eso, y por la naturaleza y posición de los depósitos loésicos, parece que se trata del pampeano superior, generalmente considerado cuaternario.

Sobre las planicies de destrucción que rodean la sierra, la base de los materiales andesíticos ha sufrido con gran frecuencia una cementación calcárea más o menos pronunciada. Generalmente las piedras se han revestido de una corteza blanca de carbonato casi puro; pero en muchos lugares se han llegado a formar sobre el gneis verdaderas capas conglomerádicas o brechosas, en las que las inclusiones andesíticas que representan casi todo su volumen, aparecen fuertemente unidas. Estas formaciones que no pasan de unos tres decímetros de espesor, se deben a fenómenos de incrustación y de impregnación por el agua, y la cal es proporcionada sin duda por los mismos detritus andesíticos.

La tosca de La Emboscada (al noroeste del Pueblo del Morro) llena de arena, de inclusiones de las rocas viejas, y también de los primeros materiales andesíticos que vinieron a cubrirla, debe probablemente su formación a un pequeño torrente.

A la acción de las aguas corresponden también las masas de travertina esponjosa que se hallan en los saltos de la mitad del curso de la Quebrada de la Cal. Estas se van disolviendo ahora, y sólo en mínima parte se vuelven a fijar sobre las raíces y los musgos.

VIII

BIBLIOGRAFÍA

—
(SEGUNDA PARTE)
—

- SUESS, E. — La face de la terre (Das Antlitz der Erde) traducción de E. De Margerie. París. 1913.
- DE LAPPARENT, A. — Traité de Géologie. 5^{me} édition. París. 1906.
- HAUG, E. — Traité de Géologie. París. 1911.
- CHAMBERLIN, T. C. and SALISBURY, R. D. — Geology. Earth history. Second edition. London. 1909.
- SALOMON, W. — Über magmatische Vorgänge. Geologische Rundschau. Bd. I. Heft. 1. S. 8. 1910.
- GERTH, H. -- Die pampinen Sierrn Zentralargentiniens. Sonderabdruck aus: Geologische Rundschau. Bd. IV Heft. 8. 1913.
— Constitución geológica, hidrogeológica y minerales de aplicación de la Provincia de San Luis. Anales Minist. Agric. Sección. Geol. Mineral. y Min. T. X N.º 2. 1914.
- TANNHÄUSER, F. — Petrographische Untersuchungen an jungvulcanischen Gesteinen aus der argentinischen Republik. Neues Jahrb. für Mineralogie, Geologie und Paläontologie. XXII. Beil. Bd. S. 555. 1906.
- LACROIX, A. — La Montagne Pelée et ses éruptions. París. 1904.
- ROSENBUSCH, H. — Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. Vierte Auflage. Stuttgart. 1908.
- IDDINGS, J. P. — Rock Minerals. Their chemical and physical characters and their determination in thin sections. Second edition. New York. 1911.
— Igneous Rocks. Composition, texture and classification. Description and occurrence. First edition. New York. 1913.
- DANA. — A system of Mineralogy. Sixth edition. New York. 1911.
-

LÁMINA I

1. *Meso-gneis biotítico con oligoclasa* (N.º 2).
× 22 ; nicoles +.

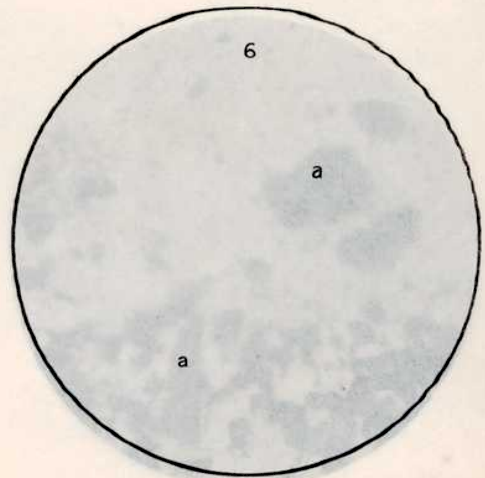
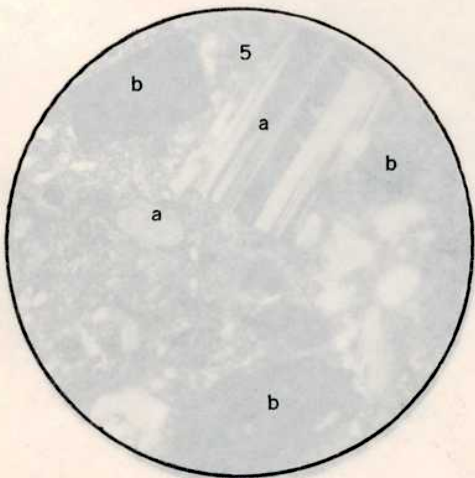
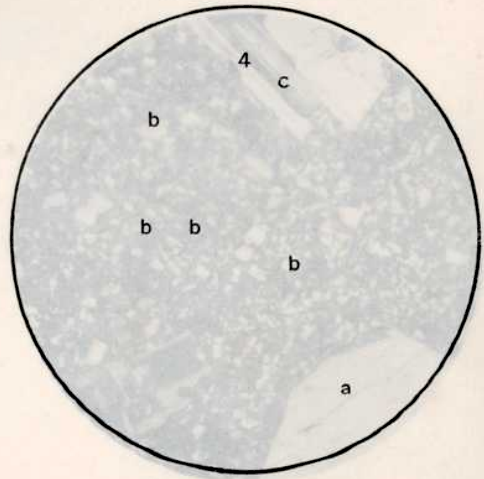
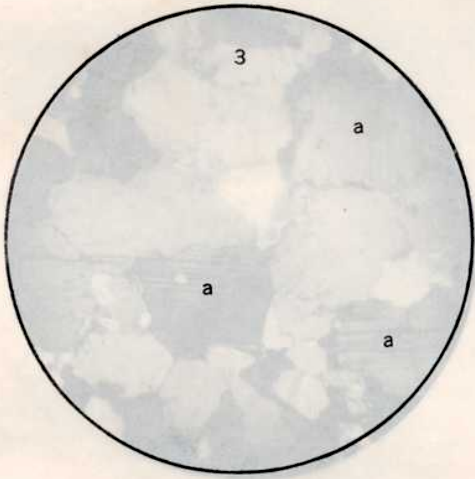
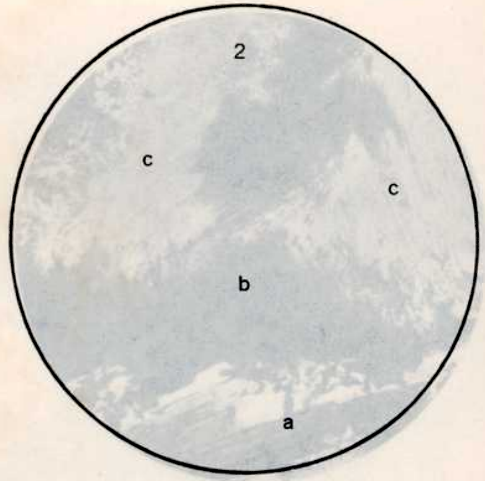
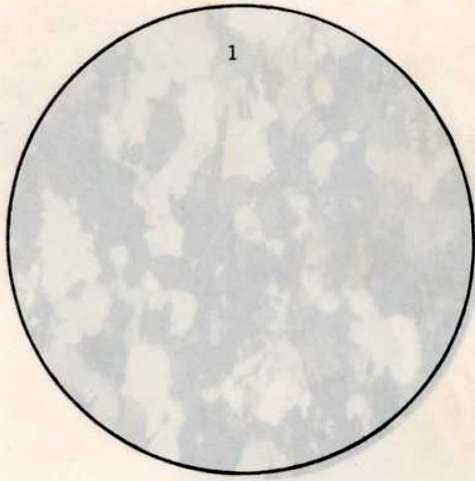
 2. *Cata-gneis biotítico con oligoclasa sillimanita y granate* (N.º 67). — a, biotita con magnetita; b, biotita en posición de extinción; c, sillimanita.
× 80 ; nicoles +.

 3. *Cata-gneis biotítico con oligoclasa* (N.º 80). — a, oligoclasa maclada.
× 16 ; nicoles +.

 4. *Traquiandesita* (N.º 15). El Mogote. — a, fenocristal de sanidina; b, pequeños cristales de sanidina; c, andesina.
× 32 ; nicoles +.

 5. *Traquiandesita* (N.º 42). — a, andesina; b, hornblenda.
× 42 ; nicoles +.

 6. *Traquiandesita* (N.º 47). Cerro del Tala. — Parte superior pasta normal; abajo, segregación melanocrática. a, hornblenda.
× 56 ; sin analizador.
-



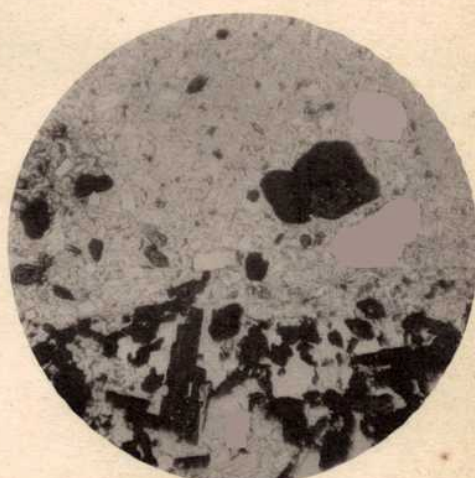
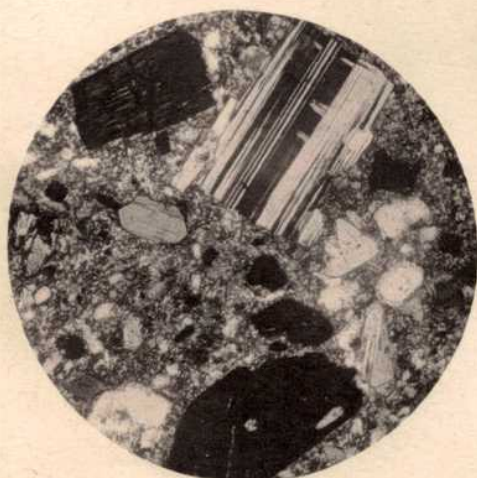
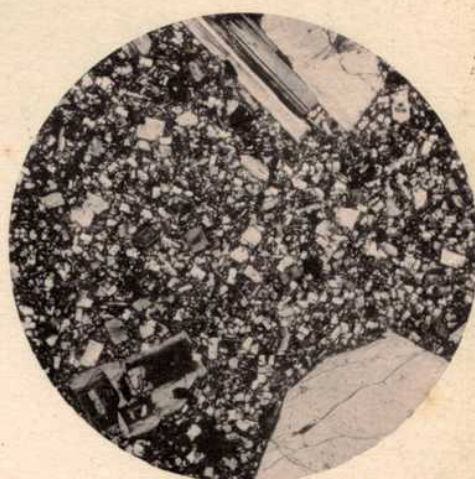
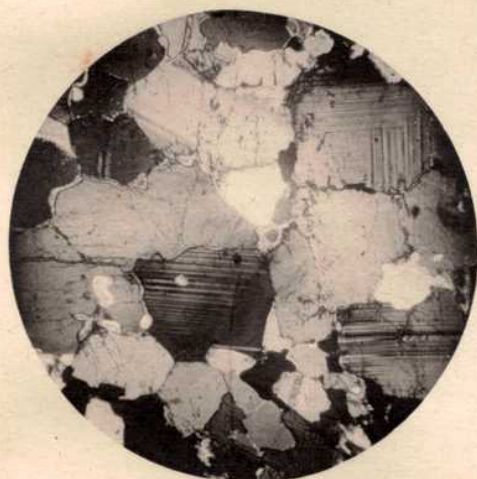
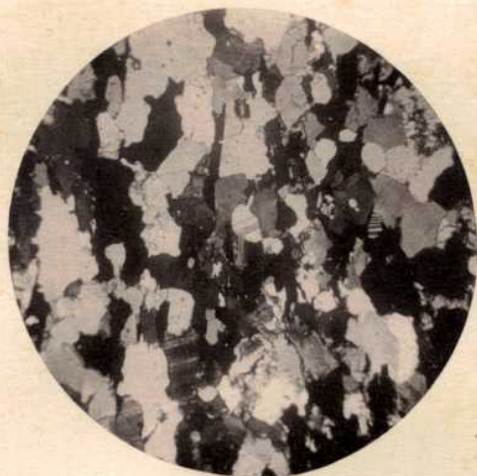


LÁMINA II

1. *Traquiandesita* (N.º 46). El Hueco. — a, sanidina; b, andesina.
× 30 nicoles +. c, horn. blanda.

2. *Andesita* (N.º 39). Ala norte del Cerro Horqueta. — a, cristales zonales de labrador-andesina; b, augita; c, pasta microlítica; d, cavidades de la roca.

× 29 ; sin analizador.

3. *Andesita* (N.º 28). Cerro Pelado. — a, cristales de labrador-andesina; b, augita con estructura de ampolleta.

× 38 ; nicoles +.

4. *Andesita* (N.º 16). Cerro de los Cóndores. — a, hornblenda con magnetita y formaciones corticales de augita; b, augita.

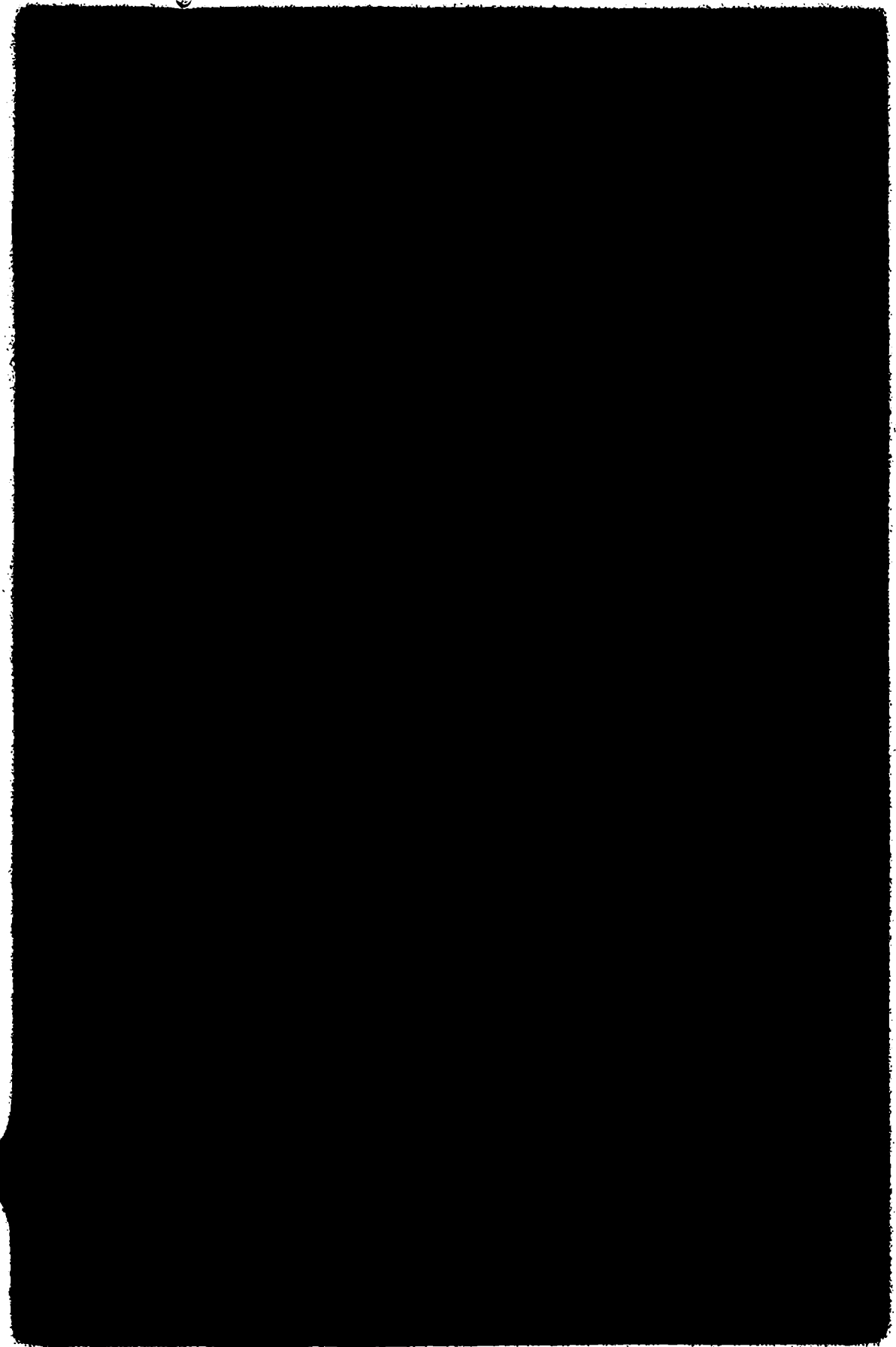
× 22 ; sin analizador.

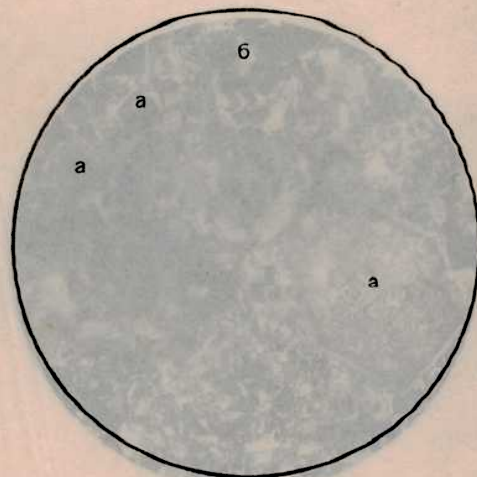
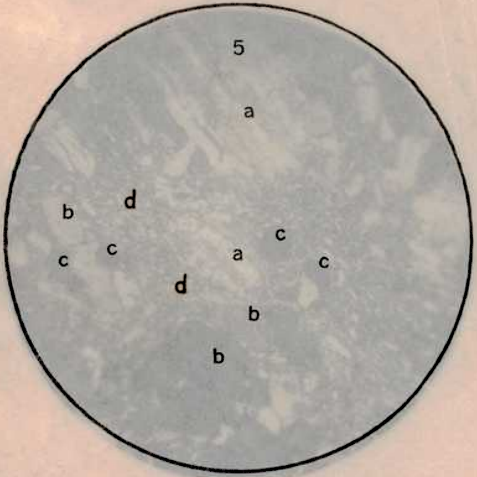
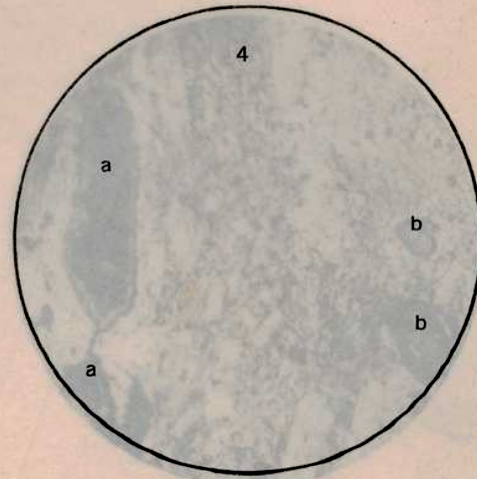
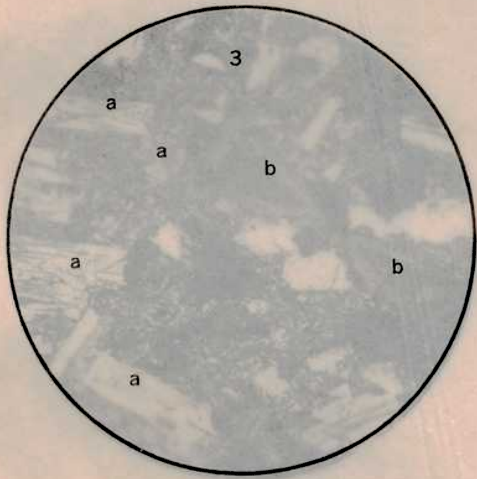
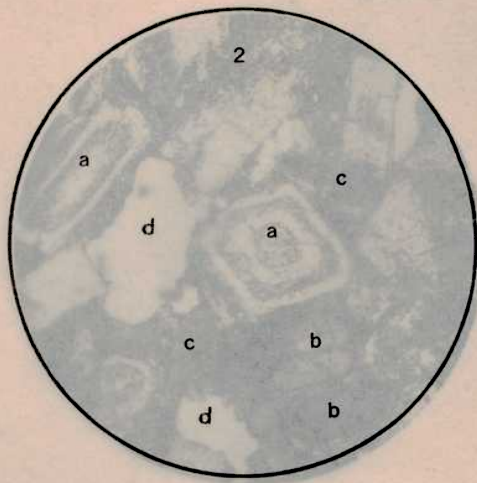
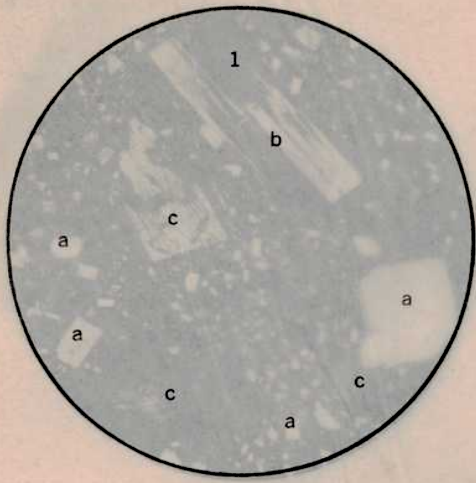
5. *Andesita* (N.º 17). Cerro Peinado. — a, cristales de labrador torcidos y rotos; b, augita; c, magnetita; d, pasta microlítica fluidal.

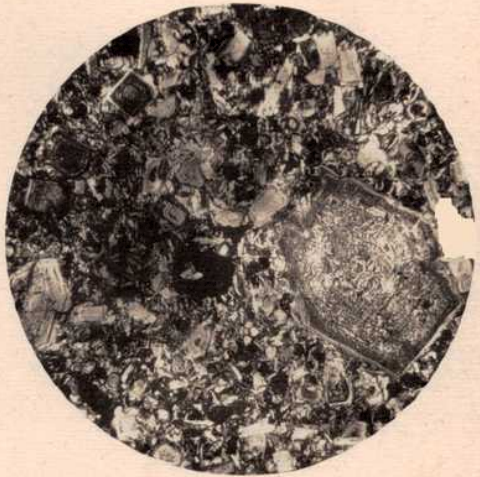
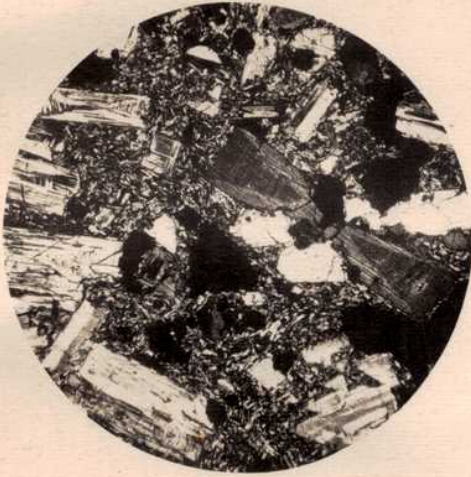
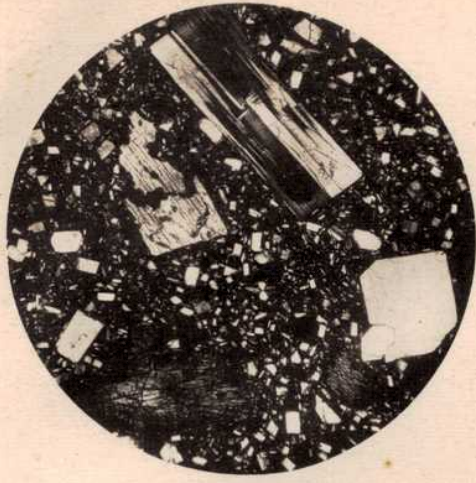
× 18 ; nicoles +.

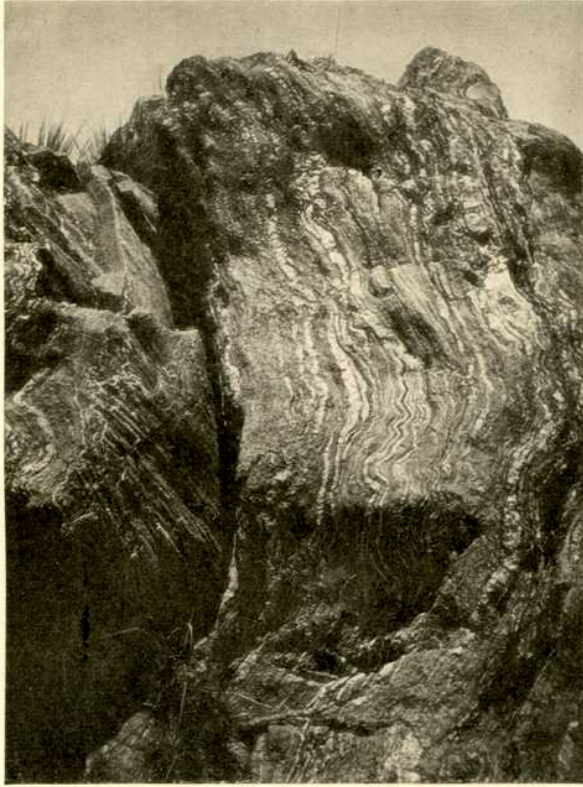
6. *Andesita* (N.º 34). Cerro de la Laguna. — a, cristales zonales de labrador.

× 15 ; nicoles +.







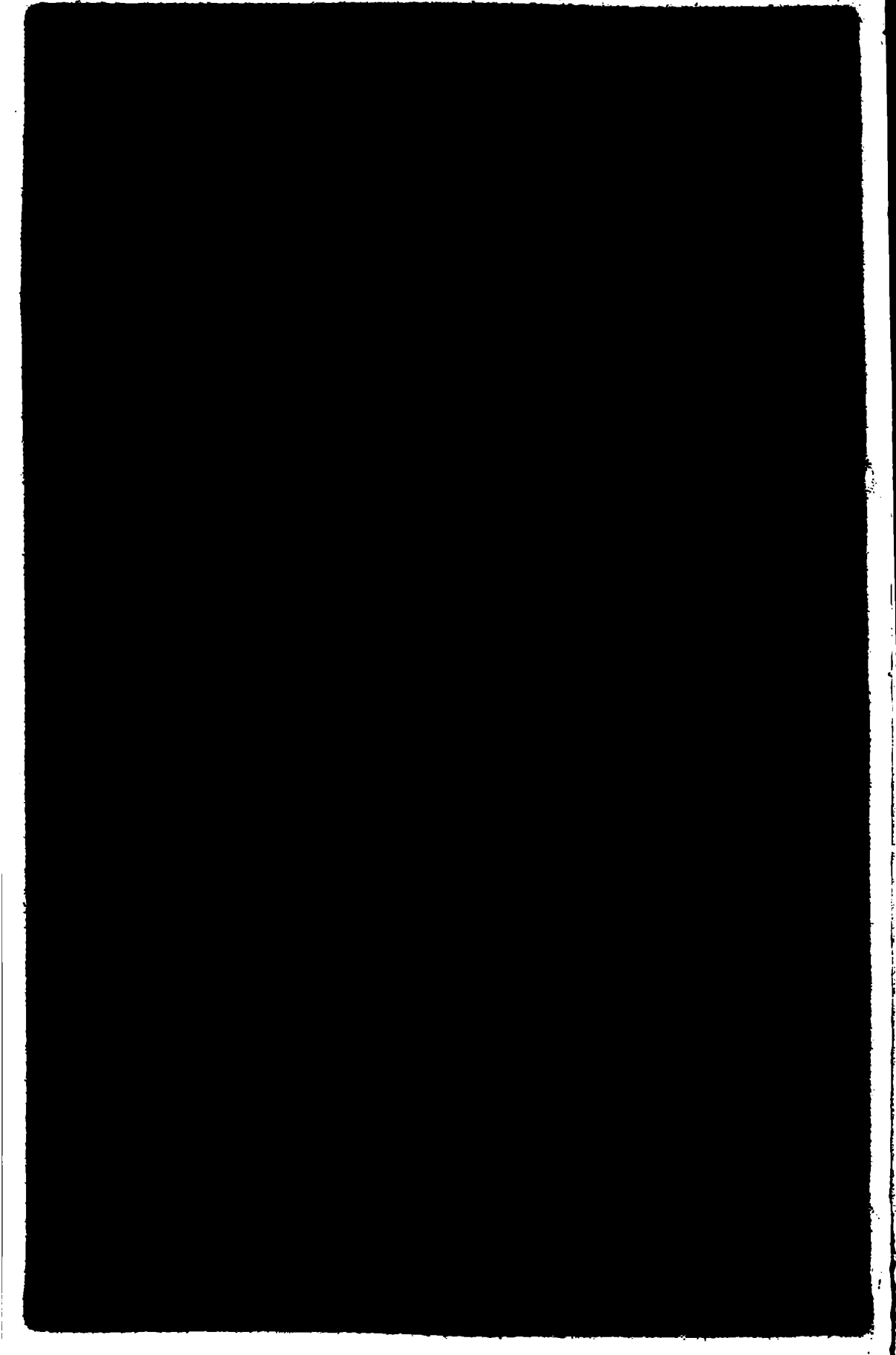


Gneis biotítico esquistoso e inyectado (No 2.)
Arroyo del Morro, frente al pueblo.



HELIOTYPE CO., BOSTON

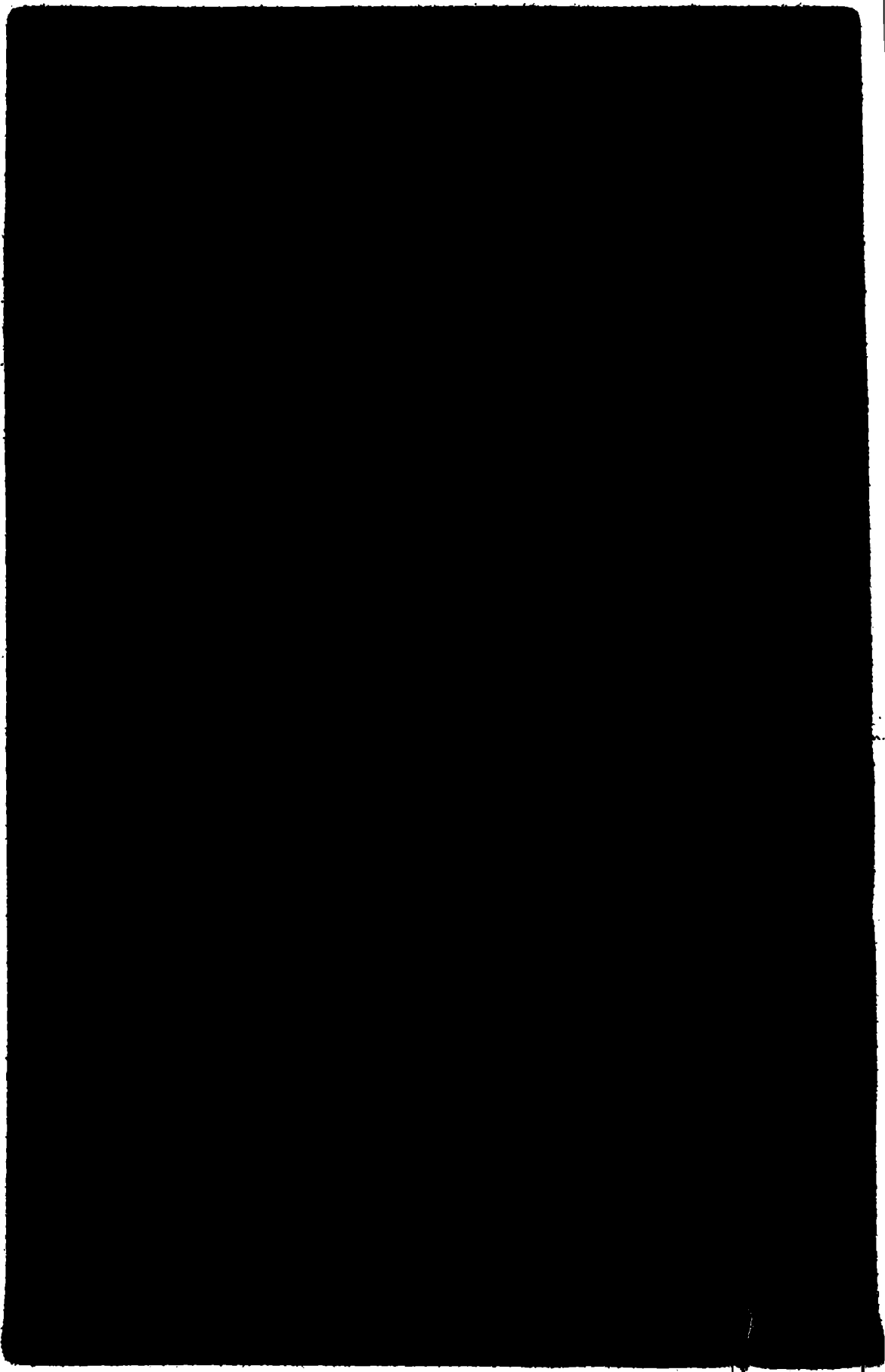
Bloque del mismo gneis. El Vallecito.





NETSCOTYPE CO., BOSTON.

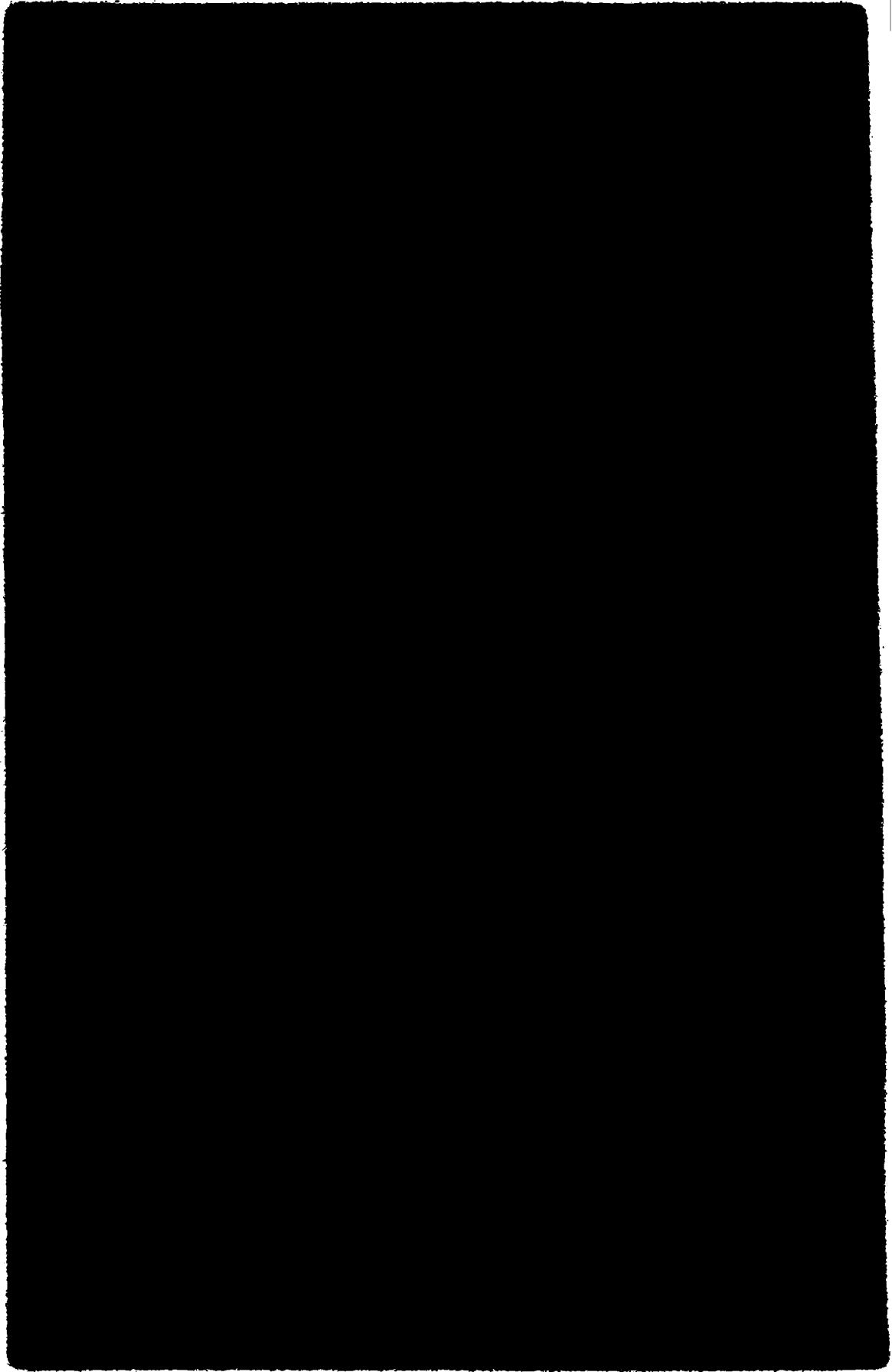
El Mogote.— a, traquiandesita.





HELLOTPE CO., BOSTON.

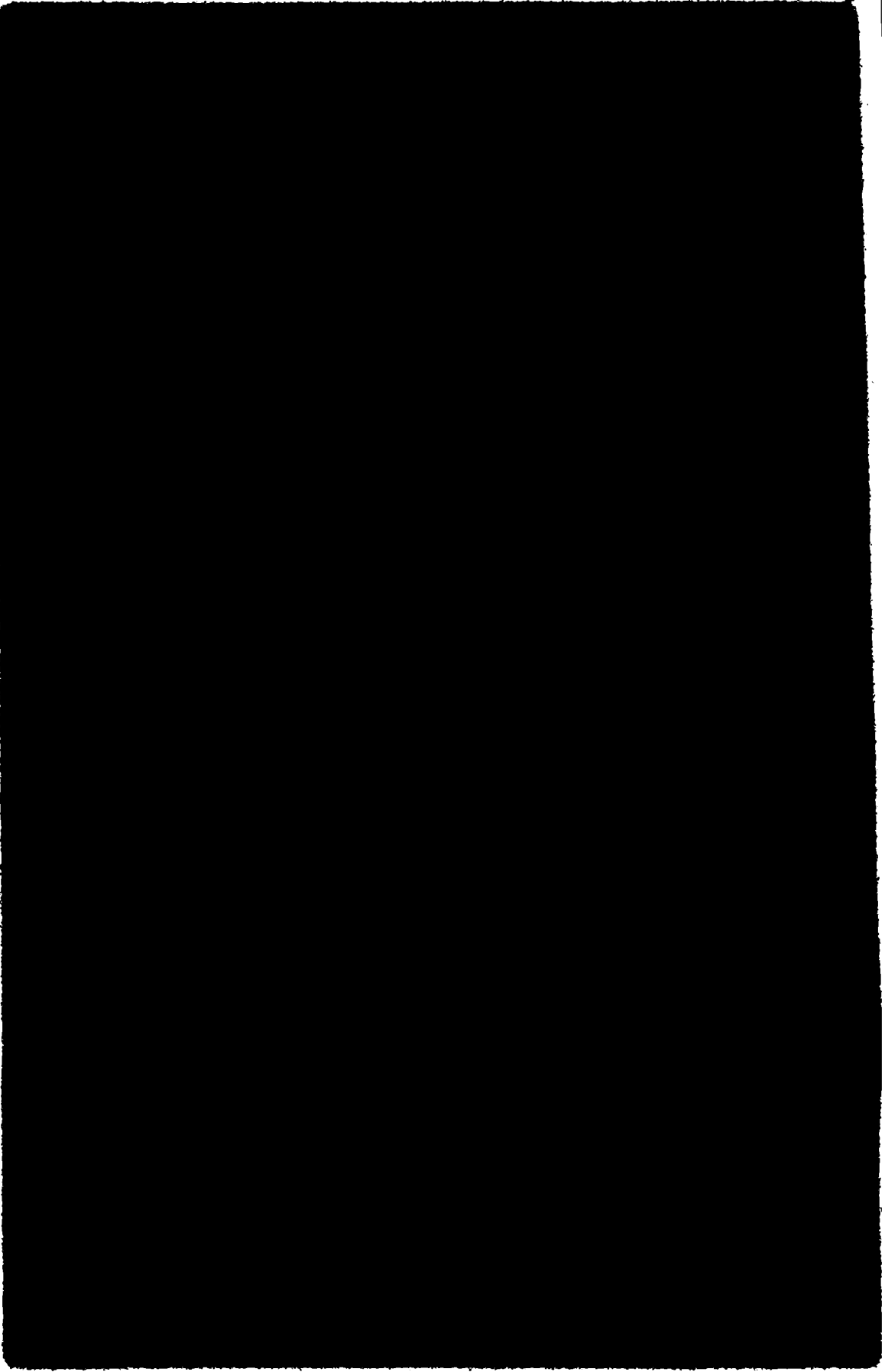
El Hueco. Pequeño aparato volcánico desmantelado.—
a, columna central; b, tobas con estratificación convergente.





HELIOTYPE CO., BOSTON.

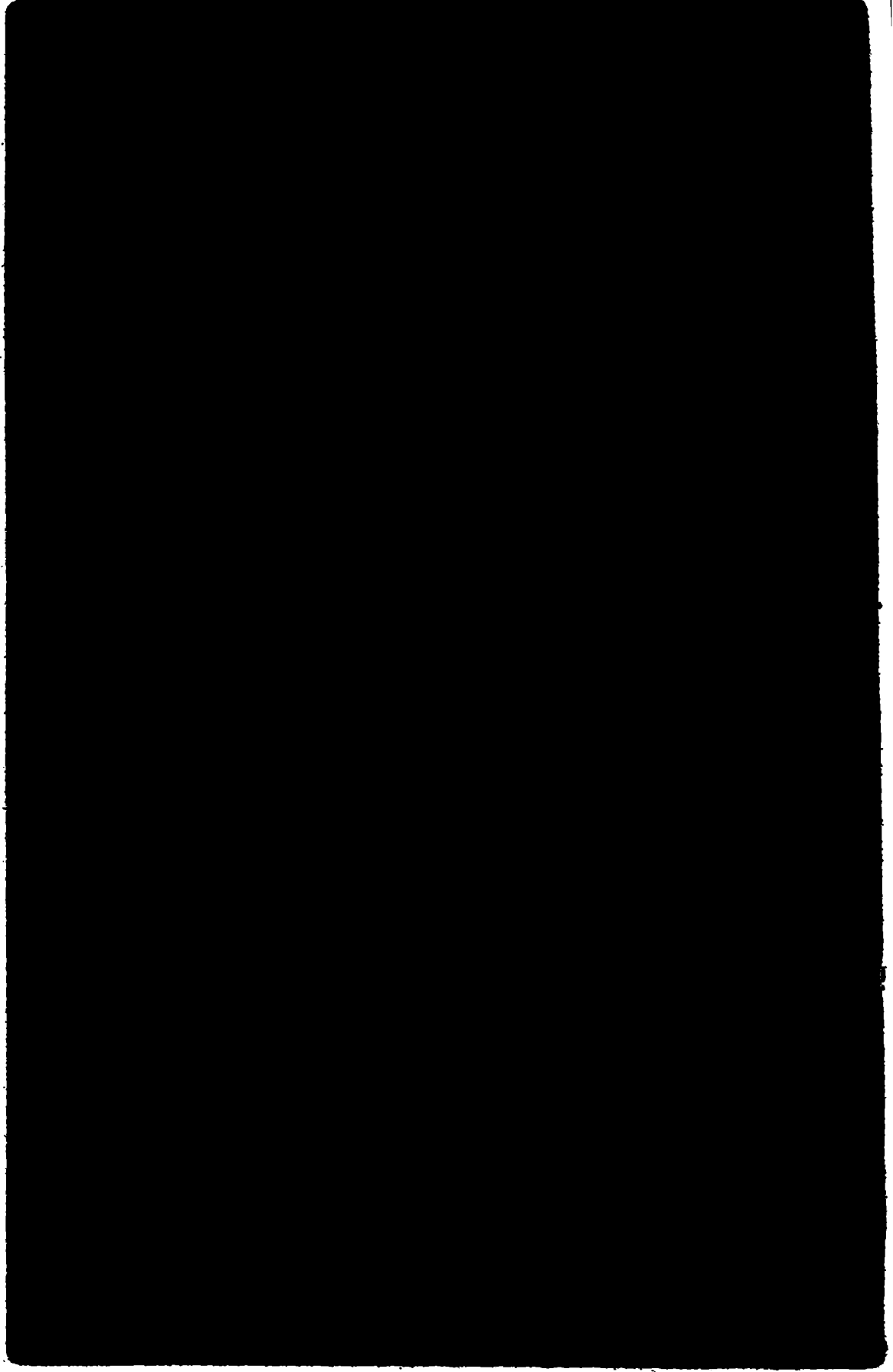
Cerro Pelado, formando la pared izquierda de la Quebrada del Tigre; las líneas punteadas señalan los niveles de las corrientes de la traquiandesita.





HELIOTYPE CO., BOSTON.

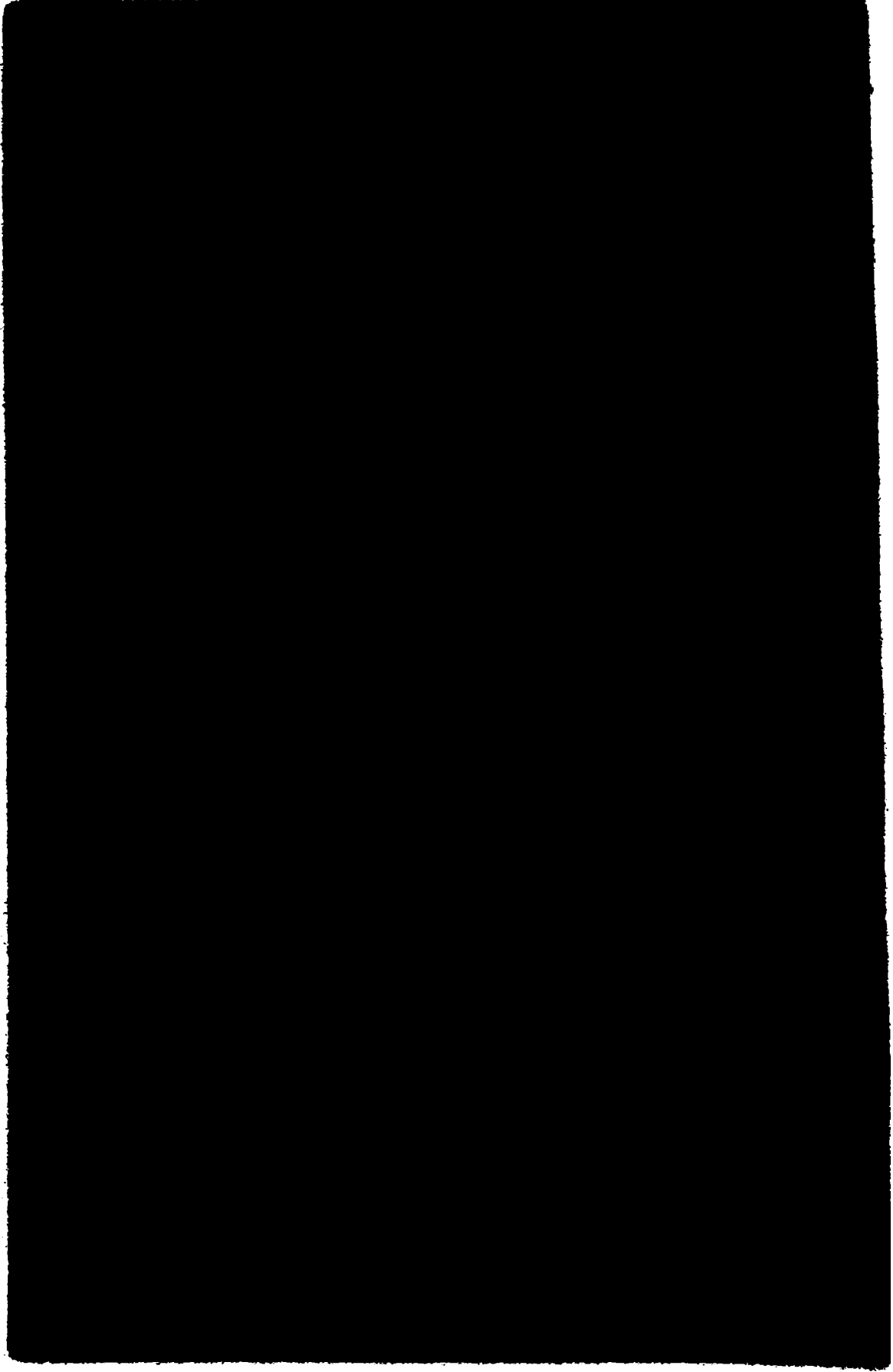
Cerro de los Cóndores.





Cerro Peinado, visto del este.

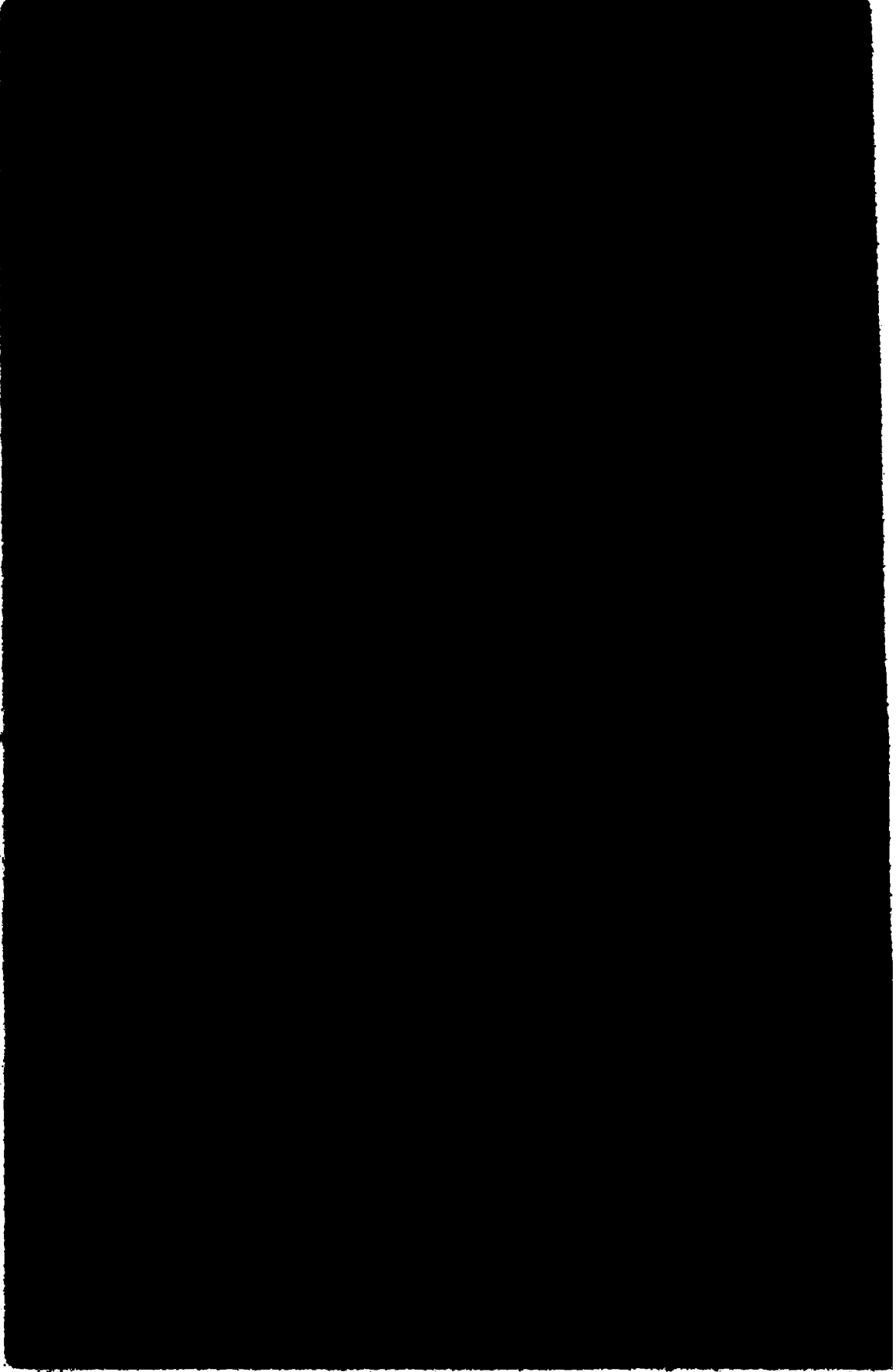
HELIOTYPE CO., BOSTON.



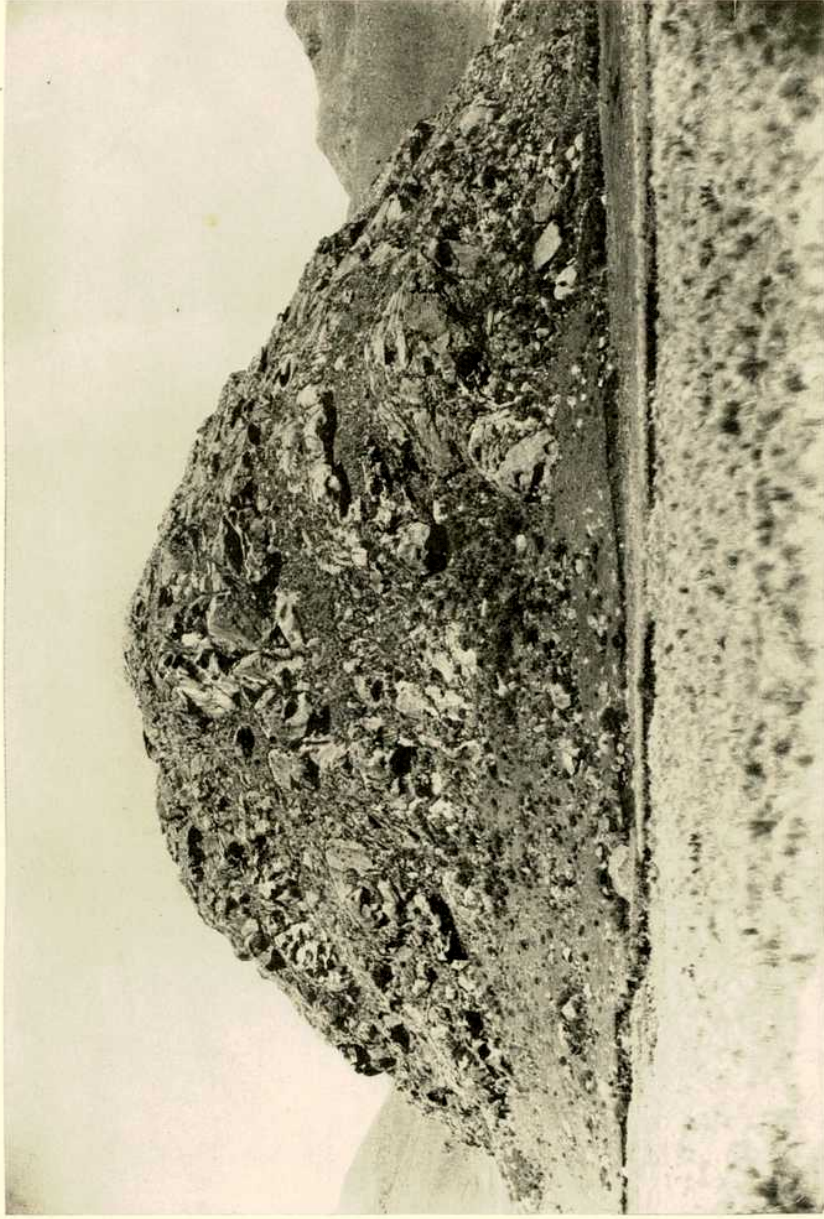


HELIOTYPE CO., BOSTON.

Cerro Peinado, visto del oeste.

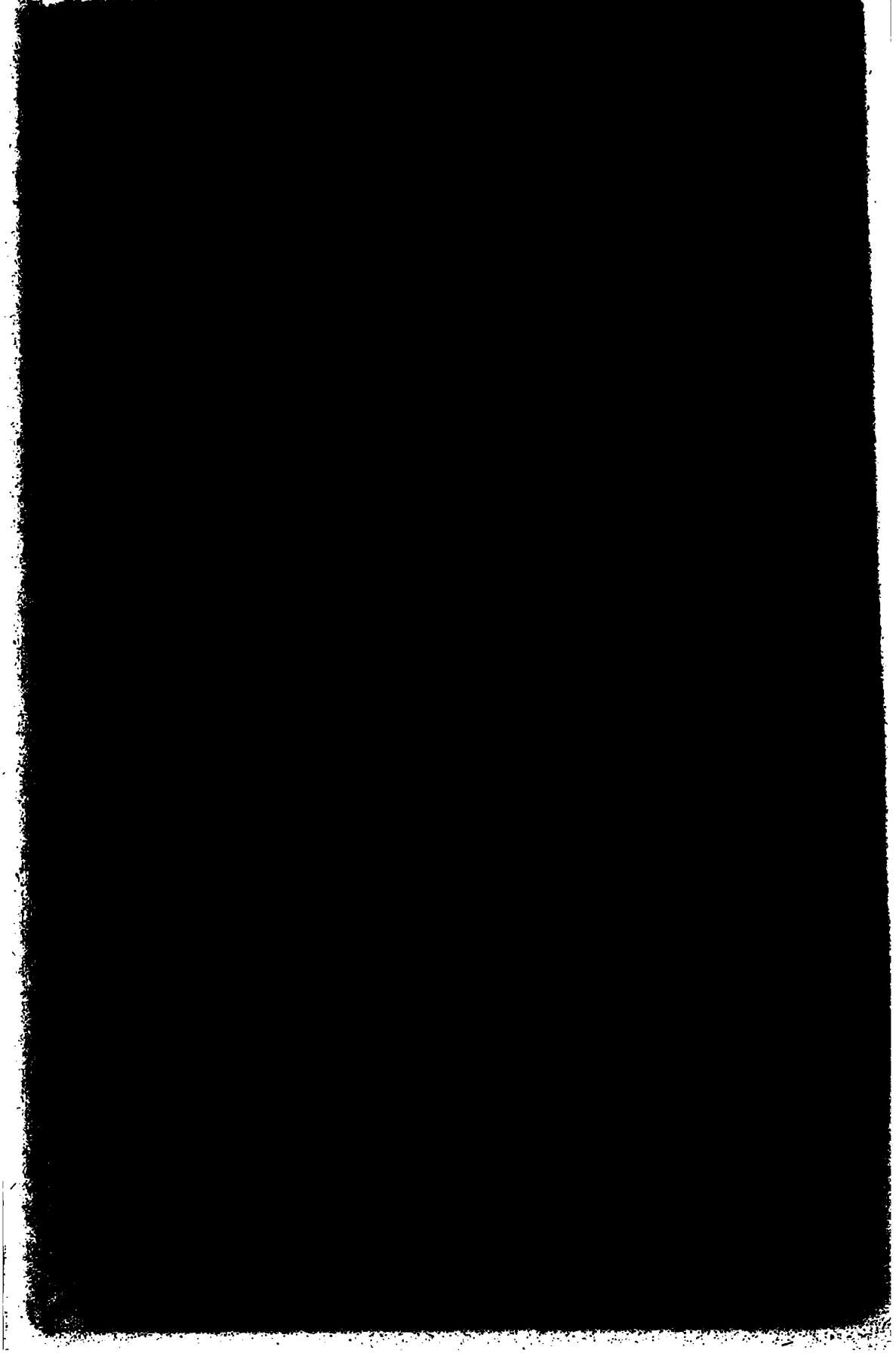


W
e



RELIQTYPE CO., BOSTON

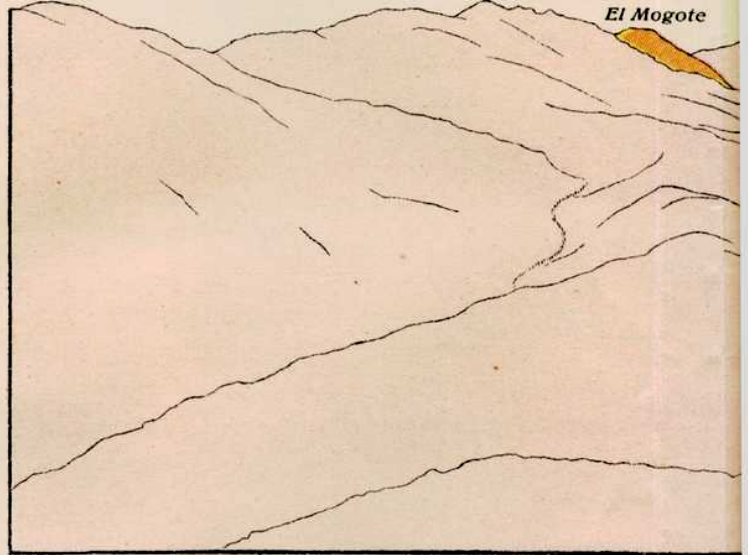
Cerro de las Cuevas.




C^o. Chato

Cumbres Altas

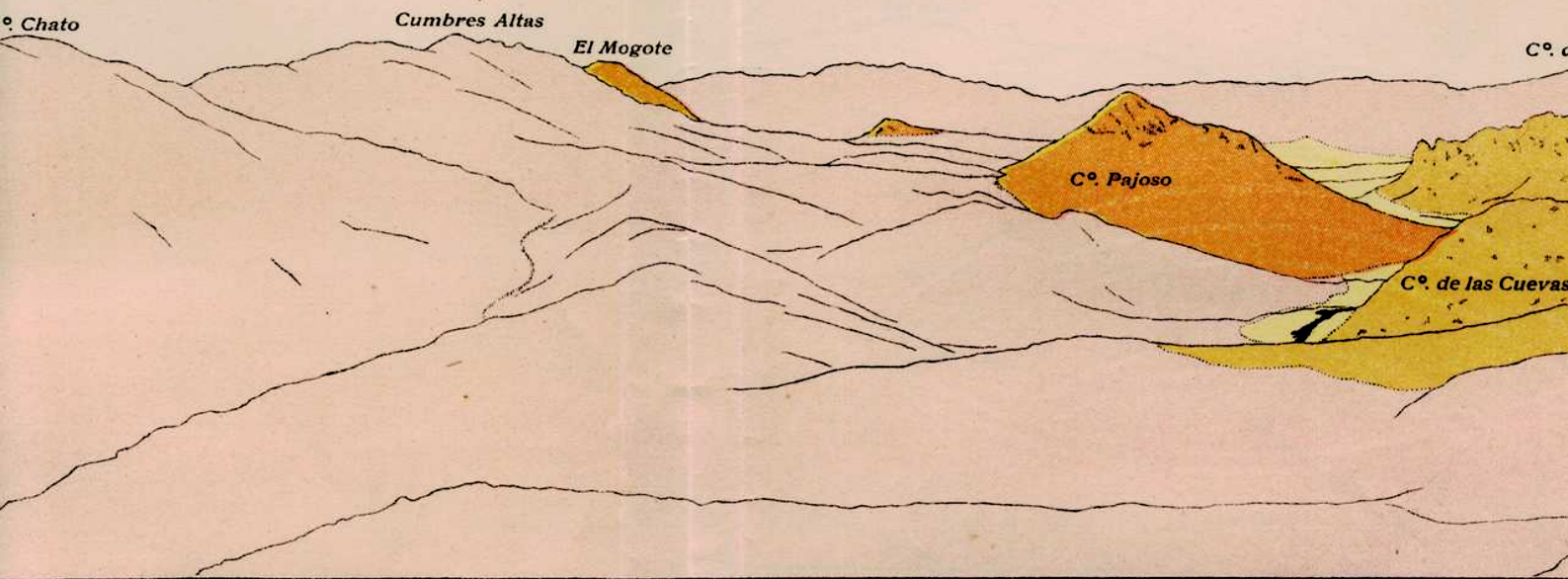
El Mogote



 *Esquistos cristal*

PANORAMA DE

Visto desde l

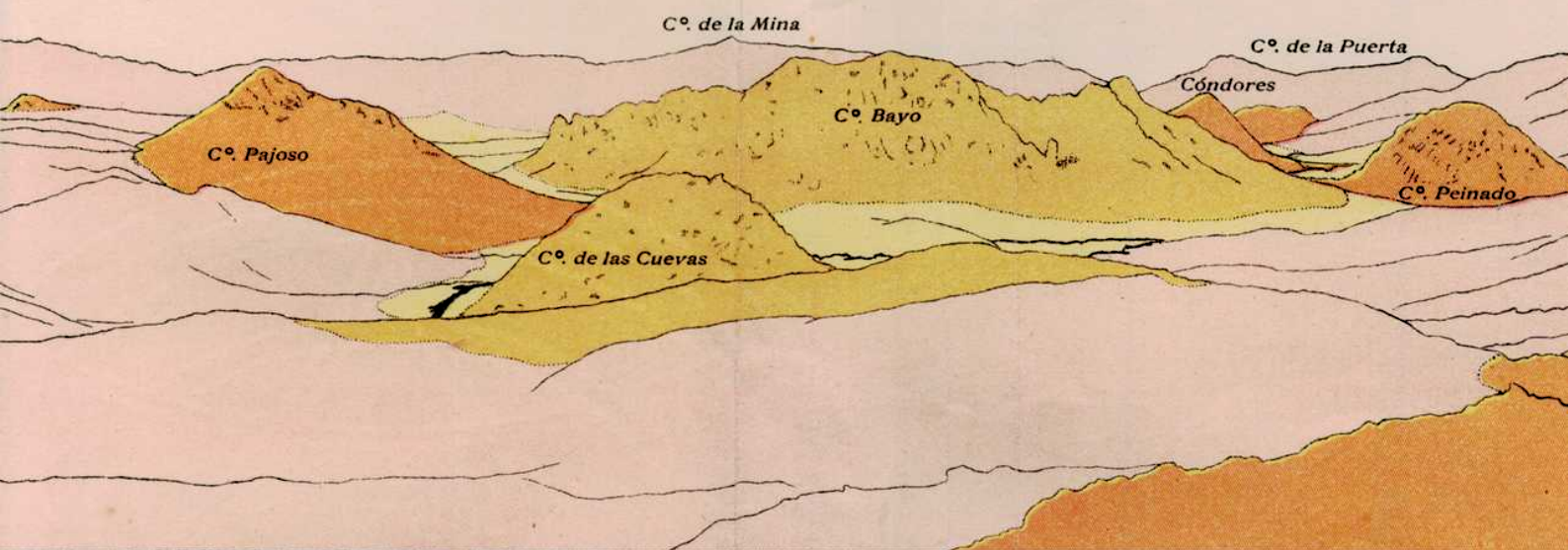



Esquistos cristalinos


Rocas andesíticas

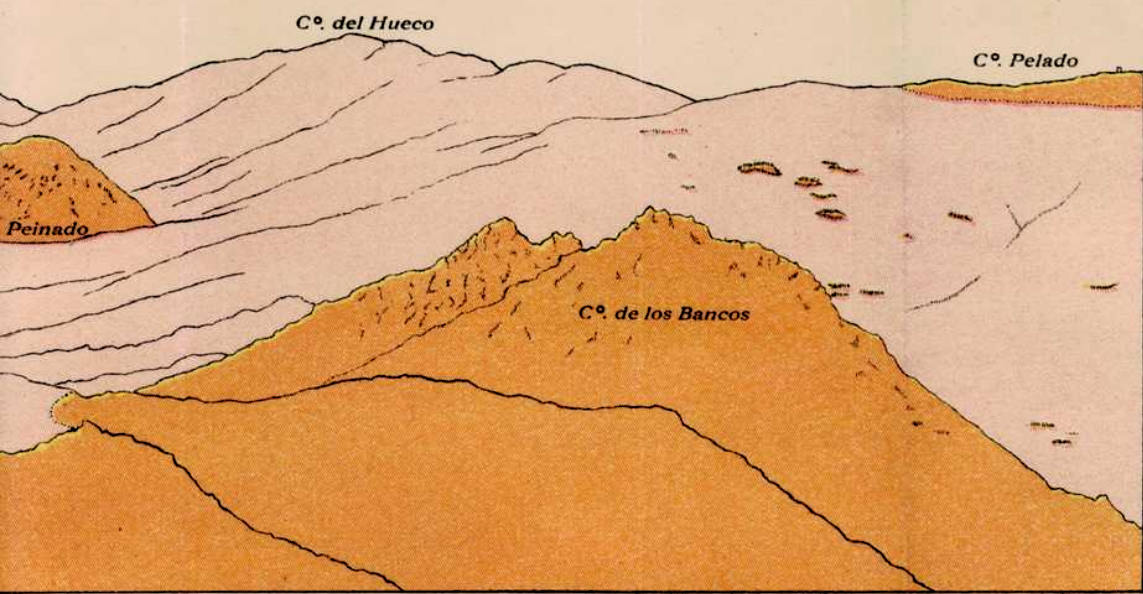
PANORAMA DEL POTRERO DEL MORRO

Visto desde la punta del Cerro Horqueta



 Rocas andesíticas

 Brecha, aglomerado volcánico y tobas



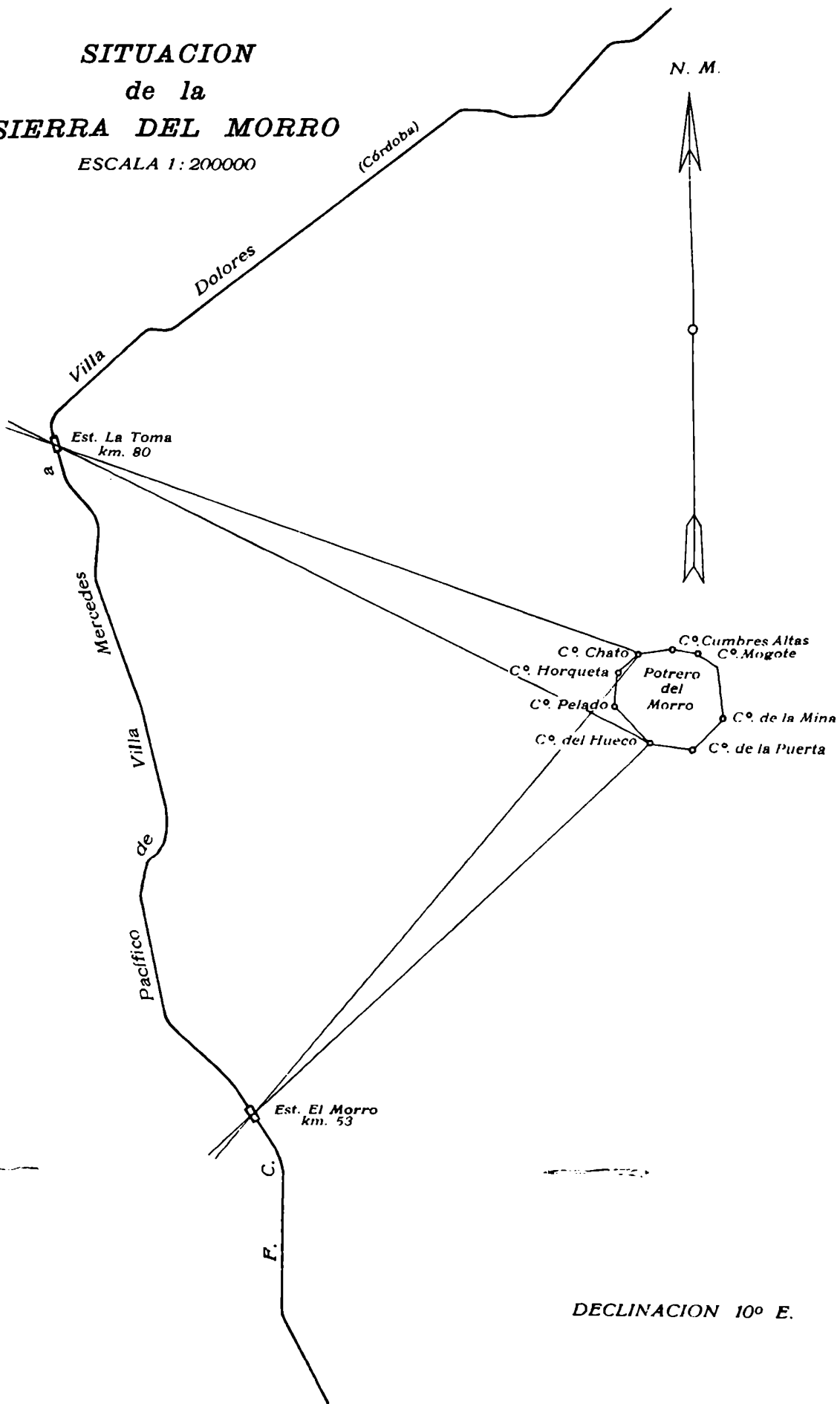
co y tobas



Loes y aluviones

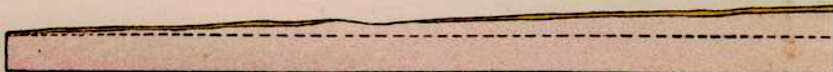
SITUACION
de la
SIERRA DEL MORRO

ESCALA 1: 200000



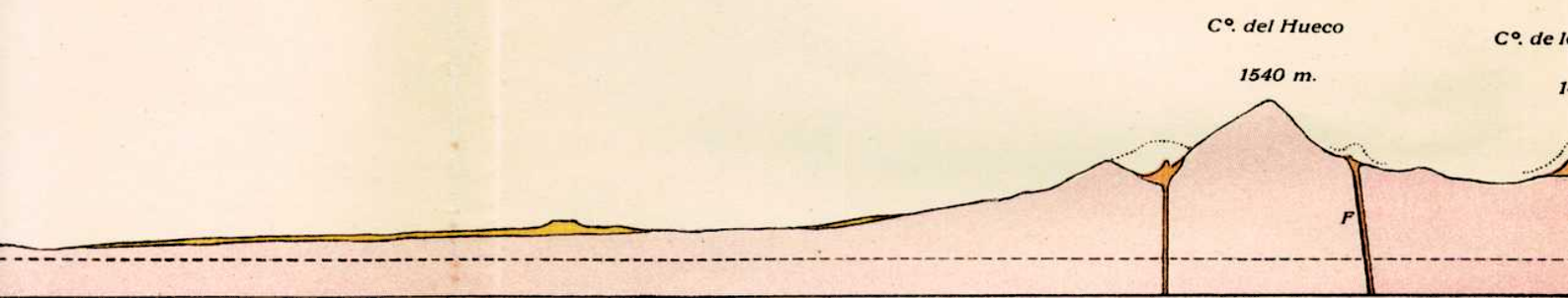
DECLINACION 10° E.

A




Meso-gneis biotítico

PERFIL DE LA
Según

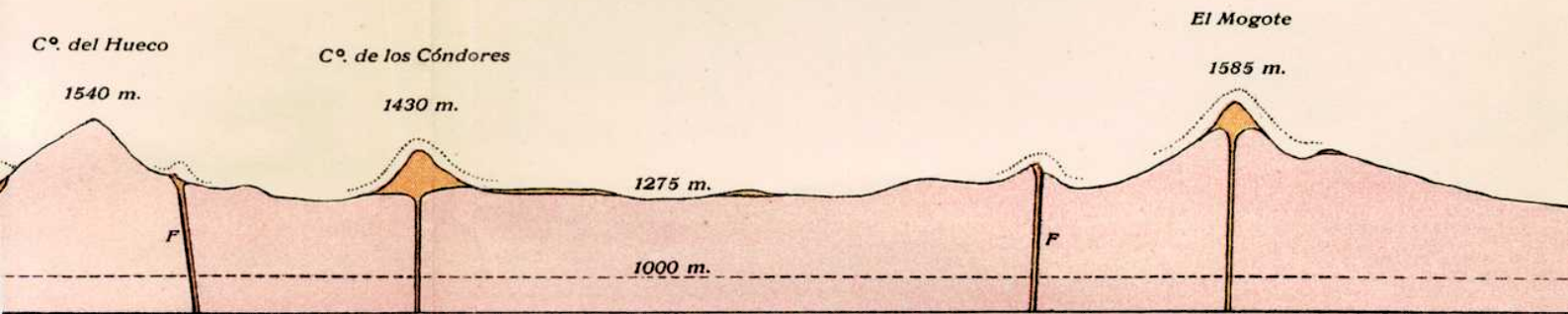



eis biotítico


 Cata - gneis biotítico

ESCALA DE ALTU

PERFIL DE LA SIERRA DEL MORRO
Según la línea A B



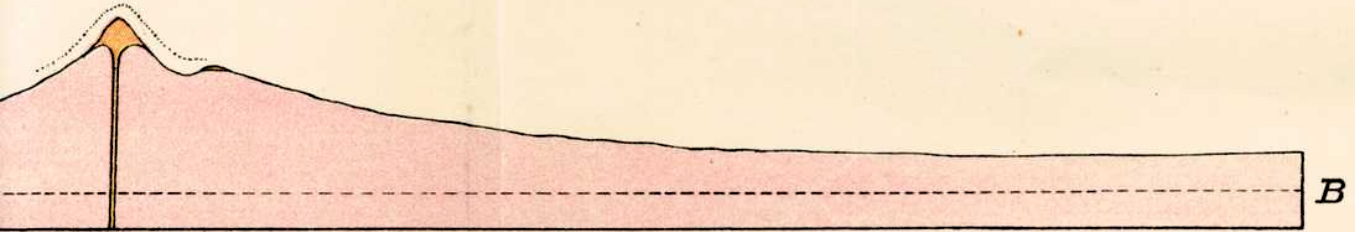
 Rocas andesíticas


 Conglomerados, brechas

ESCALA DE ALTURAS Y DISTANCIAS 1:25000

El Mogote

1585 m.



 Conglomerados, brechas, aglomerados y bloques de andesita

F. Fallas

Tesis de Posgrado

Página no digitalizada

Tipo de material: Mapa

Alto: 59

Ancho: 59

Descripción: Mapa geológico de la Sierra del Morro - Prov. San Luis.

Esta página no pudo ser digitalizada por tener características especiales. La misma puede ser vista en papel concurriendo en persona a la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir.

This page could not be scanned because it did not fit in the scanner. You can see a paper copy in person in the Central Library Dr. Luis Federico Leloir.