

DER MORRO VON SAN LUIS (ARGENTINIEN), EIN „ERHEBUNGSKRATER“

VON
H. GERTH.

(Mit Tafel 37).

Zwischen der Sierra de San Luis und der Sierra de Cordoba ragt im Süden der Senke des Rio Conlara eine Scholle des alten kristallinen Untergrundes aus den Aufschüttungen der Pampa hervor. Ganz in der gleichen Weise wie die beiden grossen benachbarten Gebirge trägt sie auf ihrer Höhe eine alte Einebnungsfläche über die sich plötzlich ein kleiner Gebirgsstock erhebt, die Sierra del Morro. Schon durch AVE LALLEMANT und BRACKEBUSCH war bekannt, dass sich junge Eruptivgesteine am Aufbau dieses Gebirges beteiligen, das sich bis zu einer Höhe von 1600 m erhebt, während die Abtragungsfläche an seinem Fusse durchschnittlich eine Höhe von 1000 m besitzt. BRACKEBUSCH hat auch bereits auf die kraterförmige Gestalt dieses Gebirges aufmerksam gemacht und erkannt, dass der Rand des Kraters grösstenteils aus kristallinen Gesteinen besteht und ebenso wie sein Boden nur an einigen Stellen von Effusivgesteinen durchbrochen wird.

Im Jahre 1911 besuchte ich zusammen mit Herrn PASTORE in Buenos Aires die Sierra del Morro und letzterer hat das interessante Gebirge, dessen Probleme wir bei unserem dreitägigem Besuch nicht restlos lösen konnten, später noch einem eingehenderen Studium unterworfen und eine geologische Detailkarte im Masstabe 1:25000 aufgenommen. Bei meinen Ausführungen stütze ich mich neben meinen eigenen Aufzeichnungen vor allem auf die Ausführungen und Aufnahmen des Herrn PASTORE, von dessen Karte ich hier eine vereinfachte Skizze gebe.

Von der Ferne gesehen, macht die Sierra del Morro den Eindruck eines vielgipfeligen Gebirgsmassivs (Taf. 37, Fig. 1), steigt man aber zu seiner Höhe empor, so gewahrt man zu seinem nicht geringen Erstaunen, dass die Gipfel kreisförmig um eine tiefe kraterförmige Einsenkung angeordnet sind, aus deren ebenem Boden mehrere kuppenförmige Erhebungen aufragen. Die Höhe der Gipfel des Kraterandes schwankt zwischen 1400 und 1500 m, die höchste der Kuppen im Krater ist 1475 m hoch und der Kraterboden liegt durchschnittlich in 1275 m Höhe. Der grösste Durchmesser des annähernd kreisförmigen Kraterbodens beträgt fast 3 km. Der Krater wird durch eine enge Erosionsschlucht in der Südwestecke, die Quebrada de la Cal. entwässert. Das Gebirge besitzt also ganz die Form eines grossen Kraters, aber bei genauerer Untersuchung

Kuppen andesitischer Gesteine eingeschaltet von der gleichen Beschaffenheit, wie sie die Kuppen im Innern des Kraters zeigen, sonst wird die Flanke des Walles nur noch an vereinzelt Stellen von vulkanischen Gesteinen in geringerer Ausdehnung durchbrochen. Die Kuppen im Krater selbst bestehen dagegen ausschliesslich aus vulkanischen Produkten, Laven und Tuffen, und auch am Fusse der Sierra del Morro und auf der Rumpffläche in ihrer Umgebung haben vulkanische Tuffe und Breccien eine weite Verbreitung. Das Auftreten der vulkanischen Produkte im Krater, an einigen Stellen des Kraterwalles und in seiner Umgebung legen es nahe, dass Krater und Wall durch vulkanische Kräfte entstanden sind. Dass auch die Aufrichtung des Kraterwalles wirklich aus jüngerer Zeit stammt, und nicht etwa nur der Krater durch vulkanische Vorgänge in einer alten Aufwölbung der kristallinen Gesteine entstanden ist, erhellt deutlich aus dem Umstande dass die Flanken des Walles allenthalben von jungen Erosionsschluchten durchfurcht sind, während dieselben kristallinen Gesteine die sich an seinem Aufbau beteiligen, in seiner Umgebung zu einer Rumpffläche abgetragen sind. Es kann also gar kein Zweifel darüber bestehen, dass hier in Verband mit den vulkanischen Vorgängen die Aufwölbung der alten Gesteine in der Form eines Kraterwalles oder zunächst in der Form einer flachen Kuppel stattfand. Auch PASTORE führt die Aufwölbung des Gebirgsstockes auf magmatische Wirkung zurück, die er jedoch in sehr grosse Tiefe verlegt. Rekonstruieren wir aber nach der gegenwärtigen Form des Kraterwalles die ursprüngliche Aufwölbung, so sehen wir, dass diese die Form einer Kalotte von etwa 6 km Basis-Durchmesser hat, die zu einer Kugel von etwa 20 km Radius gehört, tiefer kann also der Impuls zur Aufwölbung wohl kaum gelegen haben. Da aber die Aufwölbung zeitlich mit den effusiven vulkanischen Vorgängen annähernd zusammen fällt, wie wir aus dem Profil der vulkanischen Produkte ausserhalb des Kraterwalles noch sehen werden, ist auch an einem genetischen Zusammenhang nicht zu zweifeln. Dann ist sie aber auch auf eine Magmaintrusion in viel geringerer Tiefe zurückzuführen, denn der Ausgangspunkt der explosiven und effusiven Tätigkeit dürfte nach Analogien mit tätigen Vulkanen wohl kaum in einer grösseren Tiefe, als in einer solchen von 1—2 km zu suchen sein. Ob die Aufwölbung dem Dach einer batholitischen oder lakkolithischen Intrusion angehört, wird sich schwer entscheiden lassen, da aber unter den Auswürflingen bis jetzt keine kontaktmetamorph veränderte Stücke beobachtet worden sind, ist das letztere wahrscheinlicher. Ehe wir nun versuchen ein Bild von den vulkanischen Vorgängen zu entwerfen, die zu der Entstehung des Morro in seiner heutigen Form führten, wollen wir noch einen Blick auf die effusiven Produkte inner- und ausserhalb des Kraters werfen. Die ersteren bestehen, wie schon erwähnt, aus einer Reihe von Kuppen, die teils aus andesitischer oder trachyandesitischer Lava, teils aus Tuffen aufgebaut sind. Die Lavakuppen zeigen fast alle deutlich die charakteristische Form und Struktur von Quellkuppen (Taf. 37, Fig. 2), die sich teils ganz frei aufstauten, teils von einem Tuffmantel umgeben waren. An einer Stelle sind grobe Breccientuffe noch in der Form eines kleinen halbkreisförmigen Kraterwalles erhalten (Co. Bayos). Sie enthalten viel Gneissbrocken des Unter-



Fig. 2.

Geologische Karte des Morro van San Luis nach F. PASTORE. Dicke Punkte: Vulkanische Laven; fein punktiert: Tuffe und Breccien; weiss: Kristalliner Untergrund, Dilluvium und Alluvium.

grundes und verdanken offenbar einer rein explosiven Eruptionsphase ihre Entstehung.

Ausser im Krater selbst kommen wie schon erwähnt, auch im Bereiche des Kraterwalles noch an einigen Stellen vulkanische Bildungen vor, und zwar handelt es sich hier entweder ebenfalls um Lavakuppen, die dem Kraterland aufgesetzt sind, in einem Falle aber auch am Fusse seines Aussenrandes auftreten (Co. del Tala), oder um Spaltenausfüllungen und kleinere Durchbrüche z. T. von einem Tuffmantel umgeben. Ebenso wenig wie im Krater ist es bei diesen Eruptionspunkten ausserhalb des Kraters zur Bildung grösserer über den Hang des Kraterwalles abfliessenden Lavaströmen gekommen, was vor allem in der zähen, dickflüssigen Konsistenz der verhältnismässig sauren Laven seine Ursache gehabt haben dürfte. Nach den Untersuchungen von BACKLUND und PASTORE sind die Laven teils andesitischer teils trachyandesitischer Natur. Wenden wir uns nun zu den vulkanischen Produkten ausserhalb des Kraterwalles. Wie wir schon erwähnten, sind die Hänge des Kraterwalles jetzt fast wieder ganz von losem vulkanischem Auswurfmaterial entblöst nur unterhalb der eben erwähnten Durchbrüche und Kuppen finden wir eine stärkere Blockbestreuung mit vulkanischem Material, das jedoch von der Zerstörung dieser Laven durch die Erosion herrührt. Erst am Fusse des Kraterwalles setzt eine Tuffbedeckung ein, die wie die Karte von PASTORE erkennen lässt, ziemlich ausgebreitet ist, aber nirgends grosse Mächtigkeit erreicht. Vor allem im Norden und Westen bilden die Tuffe kleine Hügel, die sich aussen allmählich aus der umgebenden Pampa erheben und nach innen mit steiler Böschung gegen den Fuss des Kraterwalles abfallen. Die Tuffe können hier bis zu 30 m mächtig werden und fallen mit 10—15° nach aussen ein. Sie ruhen entweder unmittelbar auf kristallinem Untergrund oder wie PASTORE am Ausgang der Quebrada de la Cal beobachtete auf rötlichen Pampaslehmen und Toscabildungen von jungtertiärem Alter. Die Tuffe bestehen zunächst aus reinen Bimssteintuffen mit Lapillilagen; nirgends habe ich in diesen Tuffen Auswürflinge kristalliner Gesteine gefunden, wie sie den Kraterwall aufbauen. Nach oben gehen die Tuffe in eine Tuffbreccie über, die eckige und gerollte Komponenten aller Dimensionen von vulkanischem Material und von den kristallinen Gesteinen des Kraterwalles enthält. Vielfach ist diese Breccie oben durch Tosca verkittet und mit Blöcken und Geröllen beider Gesteinsarten überstreut.

Welche Schlussfolgerungen können wir nun aus den geschilderten Beobachtungen über die Entstehung des eigenartigen Gebirgstockes machen? Am einfachsten wäre es wohl, anzunehmen, dass unmittelbar nach dem Aufdringen des Magma, das die Aufwölbung der Kuppel verursachte, sich die frei werdenden Gase an seiner Oberfläche ansammelten und mit einer gewaltigen Explosion den Krater im Centrum der Aufwölbung ausgesprengt hätten. In diesem Fall sollten wir die Umgebung des Morro mit gewaltigen Tuff und Breccienmassen bedeckt finden und unter letzteren vor allem Komponenten von kristallinen Gesteinen aus dem ausgesprengten Teil der Kuppel. Wie wir aber gesehen haben ist dies nicht der Fall. Die Tuffe besitzen eine beträchtlich geringe Mächtigkeit, und Komponenten der kristallinen Gesteine fehlen ihnen ausserhalb

des Morro Kraters so gut wie ganz. Der Krater kann also nicht durch Explosion sondern nur durch Einsturz entstanden sein. Hierfür spricht auch, das im Boden des Kraters nach dem Rande hin an verschiedenen Stellen die kristallinen Gesteine unter den Tuffen zum Vorschein

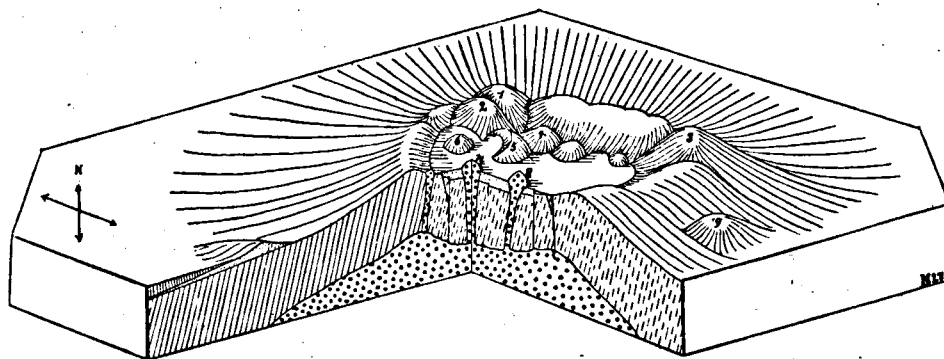


Fig. 3.

Blockdiagramm des Morro von San Luis.

1—10 Die hauptsächlichsten Durchbruchspunkte vulkanischer Bildungen:

1. Co. Horqueta (Augitandesit). 2. Co. de los Bancos (Andesit). 3. Co. Mogote (Trachyandesit). 4. Co. Pajoso (Trachyandesit). 5. Co. Bayo (Tuff und Breccie).
6. Co. Peinado (Augitandesit). 7. Co. de los Condores (Augitandesit). 8. Co. de la Laguna (Andesit). 10. Co. Tala (Trachyandesit).

kommen. PASTORE kam ebenfalls bereits zu dem Ergebnis, dass der Krater durch Einbruch entstanden sei, hierbei soll eine Verwerfung die den Gebirgsstock in NNW. Richtung durchzieht, eine grosse Rolle gespielt haben. In der Tat besteht der grössere Teil des Kraterwalles im N. und O. aus Gneissen, der kleinere Abschnitt im W. und Sw. aus weniger stark umgewandelten Glimmerschiefern. Im einzelnen verläuft die Grenze zwischen diesen Gesteinen aber nicht ganz scharf und gradlinig, sodass es mir nicht wahrscheinlich erscheint, dass es sich hier wirklich um eine junge Verwerfung handelt, mit der die Kraterbildung im Zusammenhang stehen kann. Auch dürfte die kreisförmige Gestalt des Kraters nicht leicht durch einen Einbruch längs einer Verwerfung zu erklären sein. Es scheint mir vielmehr wahrscheinlicher, dass sich die Vorgänge die zur Aufwölbung und Kraterbildung führten in der folgenden Weise abgepielt haben: Das Magma drang unter Aufschmelzung auf, bis es die Schichten über sich aufwölben konnte; als diese nachgaben und zu einer Kuppel aufgetrieben wurden, breitete sich das Magma auch seitwärts in Gestalt eines linsenförmigen Lakkolithen aus. Dann sank das Magma im zentralen Teil des Lakkolithen ein und verursachte dadurch den Einsturz des zentralen Teiles der Kuppel und die kraterförmige Vertiefung an der Oberfläche. Durch die Zertrümmerung der einstürzenden Scholle war es nun den Gasen und dem Magma möglich nach der Oberfläche zu entweichen, wobei wir es dahin gestellt sein lassen wollen, ob das gefördertete Magma dem noch nicht völlig erstarrten Lakkolithen entstammte

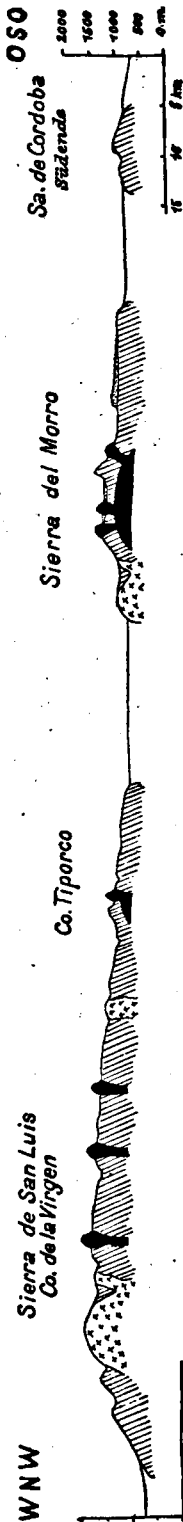


Fig. 4.

Profil in ost-südöstlicher Richtung durch die Sierra von San Luis und die Morro-Scholle bis zum Südcende der Sa. de Cordoba. Schwarz: die jungvulkanischen Durchbrüche.

oder einem erneutem Nachschub aus der Tiefe angehörte. Die dann folgende effusive Tätigkeit hielt wohl einige Zeit an, in dem es bald auf dieser oder jener Spalte des zertrümmerten Kraterbodens zu explosiver und zu Lava fordernder Tätigkeit oder auch nur zu einer von beiden kam. Die explosive oder Gasphase der einzelnen Eruptionen war im allgemeinen wohl nur von geringer Bedeutung, da das verhältnismässig saure Magma nicht besonders gasreich war. Die effusive Tätigkeit fand jedoch nicht allein auf Spalten des zertrümmerten Kraterbodens statt, sondern auch auf radialen Spalten, die den Kraterwall durchsetzen und offenbar gleichzeitig mit dem Einbruch des Kraterbodens entstanden sind. Nach dem Erlöschen der vulkanischen Tätigkeit war der Krater vermutlich zeitweise mit Wasser gefüllt, dieser Kratersee hat wohl erst in verhältnismässig junger Zeit einen Abfluss durch die Quebrada de la Cal erhalten, da die Tuffe und Anschwemmungen des fast ebenen Kraterbodens noch wenig von der Erosion zerschnitten sind.

Der Morro ist nur ein Glied in einer Reihe jungvulkanischer Erscheinungen, die auf einer OSO-streichenden Linie angeordnet sind und sich von der Sa. de San Luis über die Sa. del Morro bis zur Südspitze der Sa. de Cordoba verfolgen lassen. In der Sa. de San Luis ist es auf dieser Linie zu einer ganzen Reihe von Lavaaustritten gekommen, die in ihrer Erscheinungsform und petrographischen Beschaffenheit, den Kuppen im Morrokrater gleichen. Während die meisten dieser Kuppen der Einebnungsfläche auf der Höhe dieses Gebirges aufgesetzt sind, ohne dass die Gesteine des alten Untergrundes in ihrer Umgebung in die Höhe getrieben sind, treffen wir bei einer von ihnen, eine ähnliche Erscheinung wie in der Sa. del Morro an. In der Sa. Tiporco im SO der Sa. von San Luis ist die Andesitkuppe des Co. Pila auf drei Seiten ganz in der gleichen Weise wie beim Morro von einem Kraterwall aus kristallinen Gesteinen umgeben (Taf. 37, Fig. 3). Gleichzeitig mit dem centralen Teil der Aufwölbung sank hier aber auch ein Teil

ihres Randes ein, sodass der aufgewölbte Kraterrand jetzt nur noch halbkreisförmige Gestalt besitzt. Der Lakkolith der die Aufwölbung verursachte wird also hier die Form eines asymmetrischen Lakkolithen besitzen, wie sie aus Colorado in Nordamerika beschrieben worden sind. Die effusive Tätig-

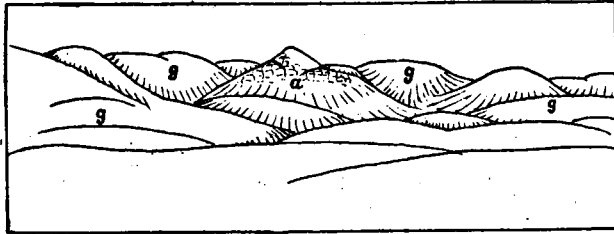


Fig. 5.

Sa. Tiporco, Skizze zur Erklärung der Photographie Tafel 37, Fig. 3: *a* Andesitkegel la Pila, *g* Gneiss und kristalline Schiefer. Im Vordergrund die alte Rumpffläche von Tosca und Sintermassen bedeckt.

keit war nur von kurzer Dauer, da es nur zur Bildung einer einzigen, breit kegelförmigen Andesitkuppe kam, explosive Vorgänge hatten hier offenbar nur eine ganz untergeordnete Bedeutung, denn ich habe nirgends in der Sa. Tiporco vulkanische Auswurfsprodukte beobachtet; jedoch stösst man dort allenthalben auf die Spuren der letzten Phase der vulkanischen Tätigkeit, die thermale. Die Thermalwässer, die die ausgedehnten Sintermassen absetzten, zu denen auch der bekannte Onyxmarmor von San Luis gehört, drangen offenbar auf Spalten auf, die radial vom Krater ausstrahlen, ähnlich wie die Spalten am Morro, auf denen dort aber noch Lava und Tuffe gefördert wurden. Die thermale Phase ist übrigens auch am Morro angedeutet durch das Vorkommen von Kalksinter an einer Stelle im Kraterboden und in der Quebrada de Cal, sie war dort nur von geringer Bedeutung.

Das geologische Alter der geschilderten vulkanischen Vorgänge lässt sich ziemlich genau festlegen. Am Morro legen sich die Tuffe auf rote Pampasbildungen von jungtertiärem Alter. Andererseits beobachtete ich die Gerölle der Andesitdurchbrüche der Sierra de San Luis bereits in den ältesten Diluvialterrassen, die den roten Pampaslehmen beim Austritt des Rio Quinto aus dem Gebirge angelagert sind. Die vulkanische Tätigkeit wird also an der Grenze von Tertiär zum Diluvium stattgefunden und die thermale Phase sich noch längere Zeit im Quatär fortgesetzt haben, denn die Kalksintermassen am Co. Tiporco liegen auf Tosca-bänken mit diluvialen Conchylien.

Der Umstand, dass sich die Aufwölbung der alten Gesteine in der Umgebung zweier der zahlreichen jungvulkanischen Durchbrüche wiederholt, solche Aufwölbungen sonst aber nirgends in den pampinen Sierran beobachtet wurden, macht es zur Gewissheit, dass sie vulkanischer Natur sind. Wir haben hier also in der Tat mit einer Art von Erhebungskratern

zu tun, wie sie meines Wissens bis jetzt noch nicht bekannt ¹⁾ waren. Der Erhebungskrater ist zwar nicht charakteristisch für alle Vulkane, wie LÆOPOLD VON BUCH seiner Zeit annahm, aber als Sonderfall kommt er doch vor.

Tafel 37.

- Fig. 1. Sierra del Morro von Südwesten, im Vordergrund San José del Morro, das auf der Rumpffläche auf der Höhe der Morroscholle gelegen ist, über die sich die eigentliche Sierra del Morro erhebt.
- Fig. 2. Co. Peinado im Morro-Krater von Osten, Quellkuppe aus Augitandesit, links die kristallinen Gesteine des Kraterwalles.
- Fig. 3. Sierra Tiporco von Osten, Andesitkegel la Pila in seiner Umwallung von kristallinen Gesteinen. Im Vordergrund die Rumpffläche auf der Höhe der Sierra von San Luis, zum Teil von Sintermassen bedeckt.

¹⁾ H. RECK hat eine Reihe von Erhebungskratern beschrieben (Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1910), bei diesen hat es sich aber z. T. herausgestellt, dass die Aufwölbung der Schichten nicht auf die vulkanischen Vorgänge zurückzuführen ist. (RUTTEN, Kon. Akad. v. Wet. 1925): Die Aufrihtung der älteren Palagonittuffe im Kraterwall der Hrossaborg in Zentral-Island zeigt wohl eine gewisse Aehnlichkeit mit den Verhältnissen am Morro, aber die Ausmasse des Kraters sind dort viel geringer.

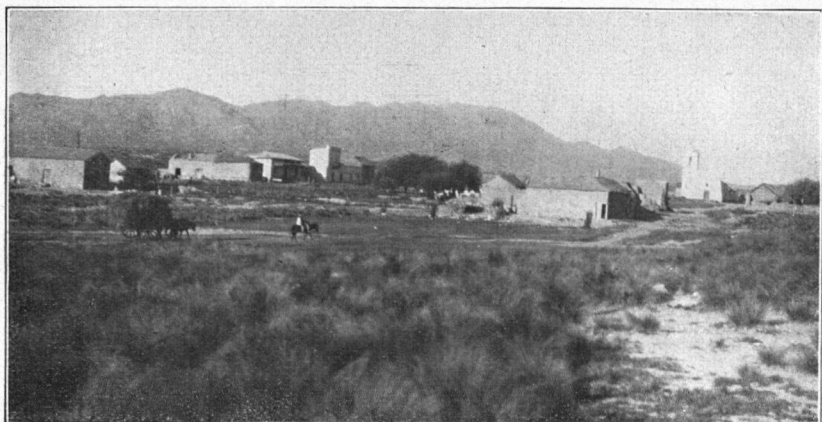


Fig. 1.

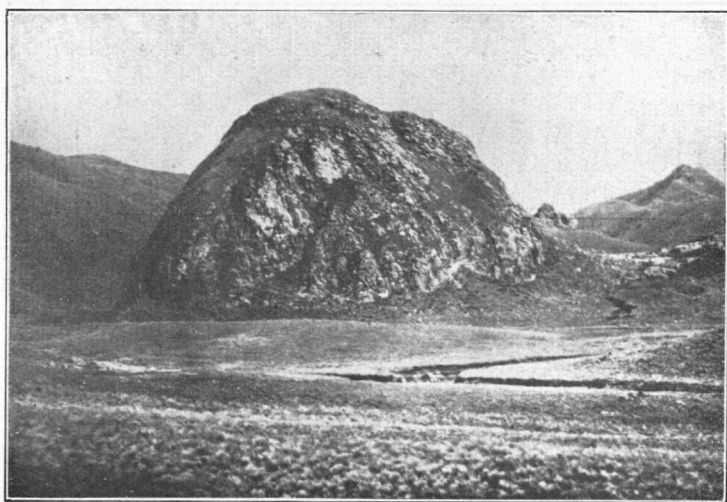


Fig. 2.

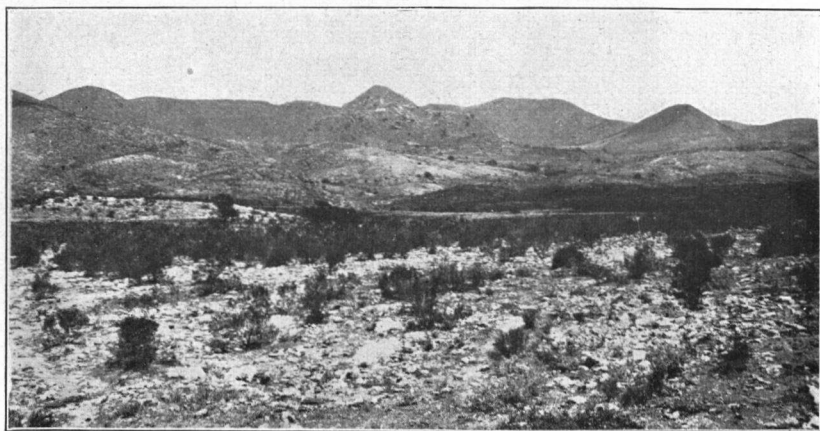


Fig. 3.