

XIII

(EXCURSION DU SAN ANDRÉS ET COLIMA).



LE VOLCAN DE COLIMA

PAR

P. WAITZ.

---

---

# LE VOLCAN DE COLIMA.

PAR M. PAUL WAITZ.

(Avec un croquis et quatre photographies).

---

Sous le point de vue historique, le Volcan de Colima est réellement peu connu. Des siècles passés, jusqu'au XVII<sup>e</sup>, sans parler du temps qui précéda la découverte de l'Amérique, nous n'avons aucune relation écrite; et même, les informations de temps plus modernes nous donnent tout au plus des renseignements, en termes assez obscurs sur la date et la forme de quelques paroxysmes éruptifs. Ce n'est que par Humboldt<sup>1</sup> qui probablement n'a pas visité le volcán, que nous apprenons d'abord quelque chose sur sa situation géographique et son altitude probable.

Nous trouvons des renseignements plus positifs sur la forme et la situation du volcan ainsi que sur sa composition dans le rapport de Karl Pieschel<sup>2</sup> qui fit l'ascension du volcan au mois d'Octobre 1852, et dans ceux de MM. E. de Montserrat et Aug. Dollfus<sup>3</sup> qui firent la même ascension au mois de mars 1866. Dans ce rapport ils nous donnent une description minutieuse de la forme du cône, du cratère, etc. Les informations de ces deux explora-

---

1 Humboldt, Kosmos 1 v. 2.<sup>a</sup> partie, et les notes 106 et 176.

2 Karl Pieschel, Zeitschrift für allgemeine Erdkunde. Bd. VI. 1856 p. 489 et 532.

3 Archives de la Commission Scientifique du Mexique, tome III. Paris 1867. p. 43.

débris ont pour la plupart appartenu à des roches porphyriques; nous en avons rencontré quelques-uns qui sont assez curieux; sur la masse porphyrique, on distingue français sont d'autant plus intéressantes qu'environ un an après leur ascension, le volcan entra dans une période d'activité, pendant laquelle la forme du cône et du cratère souffrit des changements assez importants.

Voici comment ces voyageurs décrivent le volcan :

“On aperçoit alors, au milieu d'une enceinte à peu près circulaire, ou plutôt d'un cirque de rochers, le cône lui-même dont la masse imposante et parfaitement régulière se détache admirablement de l'enceinte rocheuse. Ce cône tout à fait isolé est entièrement composé de scories rougeâtres, de débris meubles, de cendres, de pilli noirâtres, et enfin de quelques blocs de dimensions plus fortes détachés du sommet pendant les éruptions. Sa base peut avoir un diamètre d'environ 1800 m. L'ascension du cône est assez pénible; au bas, les roches porphyriques, ou plutôt les débris, sont un peu moins meubles, car ils sont retenus par une sorte de végétation de lichens et de mousses qu'on prendrait à première vue pour un mortier; mais peu à peu la pente devient très-forte ( $37^{\circ}$ ), et le sol ne se compose plus que de cailloux roulés ou projetés, de scories, de cendres et de sable très-fin, qui roulent sous les pieds avec une excessive facilité.

Le cône est d'une régularité presque parfaite; cependant la pente varie un peu à mesure que l'on approche du sommet, elle atteint jusqu'à  $39^{\circ}$  et  $40^{\circ}$ .

Plus on est près de la cime, plus les débris deviennent de petite dimension; en certains endroits il n'y a qu'une poussière très-fine, plus ou moins colorée en rouge, suivant que les débris ont été plus ou moins scorifiés. Ces

gue des critaux prismatiques d'un bleu indigo foncé, qui nous paraissent être des cristaux d'oxyde de fer; ces échantillons sont, du reste, fort rares.

Un peu au-dessous du sommet on remarque une sorte de légère dépression entourée d'un petit rempart de roches porphyriques; cette roche est généralement fissurée, craquelée, et porte les traces d'une action gazeuse assez récente; de plus, elle est recouverte d'une matière blanchâtre, alunifère, dans laquelle on pourrait aussi distinguer des parcelles de soufre. Cette dépression présente donc tous les caractères d'un évent éteint depuis peu de temps.

Le bord extérieur du cratère proprement dit est formé par une sorte de muraille, également de porphyre, soulevée au moment de l'éruption principale et antérieure aux déjections cinériformes. Le porphyre qui constitue cette muraille est tout à fait analogue à celui des crêtes qui entourent la base du cône, et ne paraît pas avoir subi d'altération sensible.

Le cratère est, quant à sa forme, aussi régulier que le cône extérieur, c'est un entonnoir ou plutôt une véritable cuvette. Sa plus grande profondeur au sommet est de 250 m, et sa plus faible distance du fond est de 125 m. Il est formé de deux parties :

1. Un plan incliné de 50 à 60 mètres de hauteur verticale, et dont la pente est de  $30^\circ$ , interrompu par quelques roches d'une dimension assez considérable;
2. Un second plan incliné dont la pente atteint  $40^\circ$  ou  $41^\circ$ , et qui conduit au fond de l'entonnoir.

La forme générale du cratère est, à peu près, celle d'un cercle, cependant il a un diamètre un peu plus grand que l'autre; ce diamètre, qui court N.  $55^\circ$  E., S.  $55^\circ$  O., a 500 mètres de longueur, l'autre diamètre per-

pendiculaire n'a pas plus de 450 mètres de long, le diamètre du fond est d'environ 50 mètres.

Les flancs intérieurs du cratère sont couverts de débris scorifiés et de roches porphyriques noirâtres un peu vitrifiées à la surface, prenant aussi quelquefois des teintes rougeâtres et jaunâtres dues à une légère couche de soufre. Les fumerolles, qui se distinguent d'assez loin, sont en grand nombre; nous avons compté vingt et un points principaux d'où se dégagent des émanations gazeuses. Celles où les vapeurs sortent avec le plus d'abondance se trouvent sur le flanc extérieur nord-ouest du cratère, presque sur la crête: nous avons pris en plusieurs points la température de ces fumerolles; dans toutes le thermomètre nous a accusé 76° à 78°; cependant celles de la déclivité intérieure, qui atteignent presque le fond, sont à une température un peu plus élevée; le thermomètre est monté jusqu'à 80°."

Trois ans plus tard, au mois de juillet 1869, commença une nouvelle période de paroxysme éruptive avec de fortes bouffées de vapeur (dans la direction N.O.), et des détonations souterraines. Pendant cette période, il se forma un cratère secondaire sur le versant N.E. d'où déborda un courant de lave qui aujourd'hui encore, entoure la partie N.E. et une partie du pied Nord du cône principal. Par conséquent il semble que le cratère principal n'était pas en grande activité à cette époque.<sup>1</sup>

Le 21 août 1869, plusieurs personnes qui s'avancèrent jusqu'au pied septentrional du volcan purent observer

1 Bárcena: "Informe sobre el estado actual del Volcán de Colima."—*Naturaleza* (Periódico científico de la Sociedad Mexicana de Historia Natural) 2<sup>a</sup> serie, tomo I, años de 1887-1890. México, 1891. Voir aussi les planches XXI.

Th. Kunhardt: "Ausbruch des Vulkans von Colima in Méjico." *Mitteilungen aus Justus Perthes' geographischer Anstalt* 1869. X. p. 385.

que la lave du cratère secondaire enveloppait déjà la partie N.O. et N. du volcan et remplissait en partie l'énorme crevasse<sup>1</sup> (connue sous le nom de "la Playa") jusqu'à une hauteur de 300 m. Ils remarquèrent en même temps que la lave montait encore, bien que très lentement (environ 2-6 m. par jour le bord antérieur du courant se précipitant toujours en avant).

L'activité du volcan fût moins forte pendant les deux années suivantes, et il ne se produisit aucune éruption considérable. Mais au courant de l'année 1872 les éruptions recommencèrent dans les deux cratères. Pendant l'année 1873 il y eût de nouvelles éruptions, mais seulement dans le cratère principal, tandis que (d'après les informations), le cratère secondaire resta tranquille.

On fait mention d'autres éruptions pendant les années 1877 et 1884,<sup>2</sup> mais elles ne semblent pas avoir été fortes, bien que pendant tout ce temps le volcan n'ait jamais été complètement éteint.

Le 26 décembre 1885, le Volcan de Colima entra dans une nouvelle période de grande activité et les éruptions se produisirent dans le cratère principal et aussi dans le cratère secondaire de 1869, mais avec moins d'intensité. Les produits de ces éruptions consistaient surtout en vapeur d'eau, cendres, bombes, et, paraît-il, petits courants de lave. Pendant cette année il se forma en outre dans le cône une cavité elliptique à peu de distance du bord du cratère sur le côté Sud Ouest. De cette cavité sortaient des pierres brûlantes, qui descendirent en roulant les pentes, ce qui prouve que la lave, durcie à

---

1 Voir Bárcena l. c.

2 Edm. Kerber: "Eine Besteigung des tätigen Vulkans von Colima." *Aus allen Weltteilen* 14. Jhg. Heft 2. 1882. et *Verhandlungen der Berliner Ges. f. Erdk.* IX, 5.

sa surface, monta lentement par la cavité et que de ses bords se détachèrent des parties qui surplombaient, sans qu'il se produisît aucun débordement de lave liquide. En outre Barcena, à l'endroit cité, mentionne encore l'apparition d'un cône central dans le cratère principal : c'est ainsi qu'il semble du moins qu'en cette année s'était déjà rempli le cratère qui, en 1866, comme le disent Dollfus et Montserrat, avait une profondeur de 300 m.

Au cours de l'année 1894, MM. J. G. Aguilera et E. Ordóñez<sup>1</sup> firent l'ascension du cône par le côté Sud, sans pouvoir arriver jusqu'au bord du cratère, mais souffrant beaucoup à cause de l'escarpement de la montée, en raison des cendres détachées, et, près du sommet, à cause des gaz de bioxyde de soufre qui s'échappaient des fumerolles.

Une nouvelle série d'éruption s'inaugura le 15 février 1903, mais sans apporter de grands changements dans la forme du cône.<sup>2</sup> Une seule observation faite pendant ces éruptions me paraît offrir quelque intérêt, pour avoir une certaine importance au sujet de la forme actuelle du cratère. M. Ordóñez,<sup>3</sup> dans un petit travail sur ces éruptions, dit :

"Quelques observateurs ont cru voir du côté Ouest une mince coulée de lave sortie par le bord fondu du cratère, tandis que d'autres pensent que cette lave s'échappe par une vraie fissure. En tous cas, le cratère à souffert de petites modifications dans la forme de son

1 Aguilera et Ordóñez. Bosquejo geológico de México. Boletín IV, V. y VI, del Inst. Geol. Nacional. México, 1896. p. 57 et suiv.

Ordóñez. "Les volcans de Colima et Ceboruco." Mémoires de la Société Alzate. t. 11. 1897-98. p. 325.

2 J. M. Arreola "The recent eruptions of Colima" (Frederick Starr). Journal of Geology. Vol. XI, 1903, N.º VIII, p. 749.

3 "Les dernières éruptions du Volcan de Colima." Mémoires de la Société Alzate. t. XX. México, 1903. page 99.

rebord. On dit même que le rebord Ouest a diminué de hauteur."

Pendant ces éruptions, le volcan à encore rejeté principalement de la vapeur d'eau, des cendres, du sable et des bombes.

La régularité parfaite du cône, observée par MM. Montserrat et Dollfus, a disparu au moins en partie, à cause du cône secondaire de la pente N.E. qui s'est formé en 1869. Cependant aujourd'hui encore, le Volcan de Colima se distingue à distance par sa forme régulière d'un cône tronqué, par l'absence de végétation sur ses versants gris et encore plus par la colonne de vapeur qui s'échappe fréquemment du cratère. Sa position dans les contreforts méridionaux du Nevado de Colima (au milieu desquels le Volcan forme la dernière élévation de la Sierra del Nevado), entouré au Sud par la grande Plaine de Colima, laquelle il domine avec une hauteur de presque 3,000 m, augmente son aspect grandiose.

Pour arriver au Volcan, il convient de prendre le chemin de Zapotlán el Grande, connu aujourd'hui sous le nom de Ciudad Guzmán.

Au Sud de la ville, nous traversons la grande vallée de Zapotlán, dont le sol se compose de cendres et de sables volcaniques accumulés et déposés par les courants d'eau. Ces matières d'alluvion présentent d'intenses couleurs d'altération, parmi lesquelles prédominent le rouge et le brun, ce qui donne aux environs de Zapotlán leur couleur caractéristique.

Plus loin au Sud, un grand courant de lave basaltique sépare la vallée de Zapotlán (qui na pas de déversement superficiel), de son prolongement vers le Sud. Au centre de ce courant s'élève le petit volcan de l'Apastépetl, qui a cinq cratères. De ce volcan est sorti le courant de lave

dont nous venons de parler, mais le volcan lui-même est formé de cendres, de scories et de tufs.

L'ascension depuis la vallée de Zapotlán jusqu'au Rancho de la Joya, situé à une grande hauteur sur le penchant septentrional du Nevado, n'offre que peu d'intérêt géologique, parce que toute la montagne est couverte d'une épaisse végétation et toutes les roches y sont couvertes d'une épaisse couche de terre végétale. Une seule fois sur notre chemin, nous rencontrons une roche découverte. Cet endroit porte le nom significatif de "Piedra rara" (Pierre rare). Ici, nous observons pour la première fois l'andésite à pyroxène et amphibole du Nevado. A peu de distance de ce point, nous atteignons en montant le sommet de la colline "Las Cruces" et nous apercevons à nos pieds la partie supérieure de deux vallons "La Joya." Dans cet endroit elles offrent une descente douce mais un peu plus bas ils sont très profonds. Le plus grand des deux, dans lequel est situé le "Rancho de la Joya," forme dans leur continuation la barranca de Atenquique, et l'autre, qui est séparé du plus grand par une petite colline, se rattache à la barranca de Los Cimientos qui continue vers le Nord. A peu de distance du Rancho, tous les ruisseaux de la partie orientale de la Joya, se réunissent avec le courant principal qui vient du côté N.E. du Picacho del Nevado. Ce picacho del Volcán de Nieve domine, par sa cime formée de roches andésitiques, tout le vaste bassin de la Joya.<sup>1</sup>

Les parties planes de ce bassin sont formées de couches de tufs et de lapillis du Volcan de Colima. Ces couches ont été déposées, directement à leur chute, où bien les matériaux ont été entraînés plus loins par les eaux.

---

<sup>1</sup> Ici la Joya ne signifie pas "Le bijou"; c'est une corruption du mot "la Hoya" ou "El Hoyo" nom appliqué à toute cavité dans la terre, un trou.

Nous observons ces couches de tufs, de pierre ponce et de sable dans le petit ravin derrière le Rancho, où sort une petite source (Voir la photographie). Ces produits du Volcan de Colima sont de différentes dimensions, variant entre la poussière et la grosseur d'une noix. Notre chemin continue, depuis le Rancho de La Joya jusqu'à la Puerta de los Colimotes, toujours sur ces mêmes dépôts.

En continuant notre chemin, nous pouvons observer la forme du Nevado. Si on l'examine du Nord, il ressemble à un pic aigu; de ce côté-ci, c'est-à-dire de l'Ouest, on aperçoit sa forme de dos avec deux pics. Les versants E. et O. sont formés de hauts escarpements. Notre sentier suit la pente occidentale.<sup>1</sup>

Le dos s'élève au Nord du Picacho comme le point dominant; et il est séparé par un petite défilé presque inaccessible, d'un autre pic un peu moins élevé que se trouve au Sur. Sur tout le parcours de notre chemin jusqu'à la porte de Los Colimotes, nous pouvons observer qu'il n'y a pas de cratère dans le Nevado:<sup>2</sup> ceci, du reste, peut se reconnaître avec toute sûreté au sommet du Nevado. Mais même à partir de la Porte de Los Colimotes, nous avons déjà une vue assez distincte du massif du Nevado. Nous pouvons apercevoir le grand trou de la Joya, en-

1 Là où le sentier s'approche de la pente occidentale, il y a un endroit au pied du flanc du Picacho, dans lequel, pendant l'hiver et le printemps s'accumule toute la neige qui tombe de la montagne. Cet endroit est connu sous le nom de "Cueva del Diablo" (La Cave du Diable). Cette neige se conserve compacte dans de grands trous formés dans le sol et y dure presque toute l'année. Quand les habitants du pays en ont besoin ils emportent de grands blocs de glace jusqu'à Zapotlan et Tuxpan, où l'on s'en sert pour les rafraîchissements.

2 Monserrat et Dollfus l'ont déjà fait observer; Barcena (loc. cit.) croit que le Nevado a de cratère. Dans le journal "Prometheus" N. 846, Jahrg. XVII 14 1906, p. 214, M. Koehler décrit un cratère de 150 m., mais il ne dit pas où se trouve se cratère, ni, si ces 150 m. représentent le diamètre ou la profondeur. Ce n'est pas la seule indication incorrecte et fantastique que nous donne M. Koehler dans sa description.

touré de grands rochers découpés au Nord, mais nous ne pouvons découvrir aucun indice de cratère, et du reste des produits volcaniques manquent complètement. En effet, les tufs et les cendres que l'on rencontre autour de la Joya et du Picacho sont de dimensions tellement réduites, qu'il n'y a aucun doute de ce qu'ils ont été produits par le Volcan de Colima.

L'aspect général du Nevado indique qu'il est un volcan sans cratère ("Vulkanberg ohne Krater," dans le sens employé par Stuebel.<sup>1</sup>) La montagne est formée de différentes couches andésitiques superposées et à une forme assez semblable à celle du Cotocachi. La dépression de la Joya n'est pas un cratère, ce n'est qu'un trou, qui a été formé par l'érosion suivant les fissures et les enfoncements, résultats du refroidissement des masses andésitiques. Nous parlerons plus loin de la ressemblance qui existe entre le Nevado et le Volcán de Colima et le Cotocachi et le Maar de Cuicocha.

A environ 800 m. au-dessous de la Puerta de los Colimotes, sur le versant méridional du Nevado, se dresse le Volcán de Colima. La pente, qui forme avec une inclinaison de 20°-25°, le côté méridional du Nevado, est composée de couches et de bancs d'andésite, ayant un écoulement égal à l'inclinaison du terrain, au moins dans les parties supérieures du Nevado. Dans ces bancs se sont formés des ravins assez profonds; une riche végétation (des pins) couvre toute la partie inférieure de la pente du Nevado, depuis le défilé de Los Colimotes. Ce caractère de la pente peut s'observer depuis le sommet du Nevado en descendant, jusqu'à une élévation de 3,000 m. Arrivé à ce niveau, l'écoulement des bancs

---

1 Alphons Stuebel: Die Vulkanberge von Equador. Berlin 1897. p. 87.

andésitiques change et passe de la direction Sud à la direction Nord. Conformément à l'écoulement des bancs il se produit un changement dans la direction de la pente du terrain, et il se forme ainsi une colline ayant une direction E.O., et plus loin, à l'Ouest, sa direction est O.S.; l'élévation est de 3,000 m. au-dessus du niveau de la mer, sur le flanc méridional du Nevado. Entre cette colline et le penchant du Nevado se sont formés deux ravins, dont l'un s'étend vers l'Ouest et l'autre (origine de la Barranca de Beltrán), vers l'Est (intercolliner Raum).

Le versant septentrional de la dite colline est, en partie, assez incliné, mais vers le Sud, le penchant est formé de rochers escarpés au pied du volcan qui se dresse ici comme un cône de cendres et de lave, sans végétation aucune absolue, de la plaine étroite, la Playa jusqu'à une hauteur de 3,820 m. L'escarpement de la dite colline est formé de courants d'andésite, avec écoulement vers le Nord, comme on peut l'observer de la Playa.<sup>1</sup>

La colline entoure le volcan en partie, bien qu'avec quelques irrégularités, mais sans aucune interruption, et en courant du N.E. par le Nord, à l'Ouest du cône. Entre ces rochers escarpés et la pente du volcan, s'est formée la plaine étroite de la Playa, dont j'ai déjà parlé. Leur sol est formé de tufs de cendres et de sables, dont une partie est tombée pendant les paroxysmes des éruptions, directement sur la Playa, tandis que le reste y a été transporté par les eaux descendant du versant du volcan.

---

<sup>1</sup> Au milieu de ces rochers, on rencontre parfois des conglomérats qui paraissent intercalés entre les coulées; mais réellement ce ne sont que des agglomérations récentes qui se sont déposées dans les cavités de l'escarpement.

Au pied du côté Nord, et principalement du côté N.E. du cône s'étendent maintenant dans la Playa, les restes du courant de lave, qui s'est échappé du cratère secondaire en 1869. Une grande partie de cette lave se répandit vers l'Est et s'étend aujourd'hui comme une langue de blocs sans végétation jusque dans la zone végétale.<sup>1</sup>

Des blocs et des pierres qui ont roulé, des bombes compactes et scorieuses, et des cendres à grain fin ou grossiers couvrent les parties supérieures sur les côtés S.E., S., et S.O. du cône, jusqu'à une élévation de 2,000 m au-dessus du niveau de la mer. Du cratère principal ont débordé, vers l'Ouest, deux coulées de lave (et d'autres au S.O.) dont l'un est arrivé jusqu'au sol de la Playa, tandis que l'autre a recouvert le premier, mais sans arriver jusqu'au pied du volcan (Voir la photographie).

Le cône secondaire de 1869 offre plus d'intérêt. Montserrat et Dollfus mentionnent (l. c.) l'existence d'une cavité dans le cône du volcan près du bord du cratère, mais sans dire de quel côté. Il serait possible que dès 1866, c'est-à-dire 3 ans avant la formation du nouveau cratère, on ait pu déjà noter la cavité, par où la formation qui de 1869, devait se produire.<sup>2</sup> Mais on ne peut réellement assurer ce fait.

Actuellement, la pente uniforme du cône gigantesque sur son versant N.E., est interrompue par la formation du cône secondaire. Sur les cheminées secondaires, il s'est formé une crête de laves andésitiques avec deux cimes. Cette crête suit une direction presque radiale sur le cône du volcan. La cime, qui est la plus distante du grand

---

<sup>1</sup> Il n'y a que quelques lichens et des mousses, qui croissent au milieu de ces pierres, et dans des endroits humides et protégés contre le vent on trouve une pauvre végétation de graminées.

<sup>2</sup> Voir Barcena, l. c., qui, lui aussi, mentionne cette possibilité.

cône, est aussi la plus haute et son élévation est de 3,530 m. Entre le cône principal et la crête se trouve un petit passage, à 350 m de distance de la cime du Volcán. Par les cratères de cette crête qui, aujourd'hui, ont disparus à la suite d'enfoncements et de l'érosion, sortirent les blocs de lave qui, à 150 m des cratères s'étendent dans la Playa. La structure de ces courants, qui forment une sorte d'éboulement de blocs compacts et scorieux, leur étendue et la forme de la superficie qu'ils couvrent, présentent un certain intérêt. Au N.E. du Volcán, à l'endroit où la lave atteint la colline escarpée du penchant du Nevaço (ce point est connu sous le nom de Ocote del Lindero), nous observons que le bord du courant a une forme semblable à la crête d'une vague, ce qui est d'autant plus remarquable que, près du cône secondaire (d'où est parti le courant), il y a une grande dépression dans ce courant. L'explication que l'on peut donner sur la formation de cette crête et de la dépression qui s'observe derrière, est la suivante: La lave durcit, comme on le sait, très rapidement à la surface, tandis que la partie intérieure conserve longtemps leur haute température, surtout à cause de la croûte superficielle qui est un mauvais conducteur de la chaleur. La lave, sortant continuellement du cratère par le même conduit, augmenta avec le temps la pression de l'intérieur du courant (qui forma ainsi une espèce de tuyau) jusqu'au moment où la croûte durcie ne pouvait plus résister. Cette croûte creva au point le plus bas du courant (par suite de la pression plus forte exercée en cet endroit), et du premier courant est sorti un courant secondaire, tandis que sous la croûte superficielle du premier il se formait un espace vide. En raison de son poids et du refroidissement la croûte s'enfonça ensuite,

formant la dépression dont nous avons déjà parlé, et située derrière le haut bord du courant. Dans la Playa nous pouvons apercevoir ce courant secondaire sous la forme d'une langue de lave. Ce courant secondaire sort du point le plus bas du courant principal et au-dessus nous voyons la dépression qui est comme l'impression de la parti basale du courant secondaire.

Pour arriver aux cratères, nous pénétrons dans le courant de lave du cône secondaire près de l'Ocote del Lindero, c'est-à-dire à l'endroit où il s'approche le plus à la colline, au N.E. du Volcan. Nous traversons ce chaos de blocs fragiles, qui sont en partie couverts de poussière blanche provenant des bombes (de pierre ponce) qui sont tombées sur ces blocs en s'y brisant, pour arriver après au pied du cône secondaire. Sur la pente très accentuée que nous recontrons, il n'y a pas de lave en blocs, car elle n'y a pas pu s'y arrêter à cause de la forte inclinaison. Le massif de ce cône est formé d'une andésite compacte d'hypersthène et il est recouvert de cendres et de blocs détachés qui se meuvent facilement. Vers le tiers de la partie supérieure du cône s'échappent des exhalations de vapeur qui vont en augmentant jusqu'à la cime de la crête. Ce ne sont que des vapeurs d'eau dont la température est d'environ 80°. Aucune odeur de H<sub>2</sub>S ni de SO<sub>2</sub> ne s'y fait sentir, bien que l'on rencontre de légères couches de soufre de couleur rouge et jaune, qui recouvre les parois des blocs au milieu desquels s'échappe la vapeur de ces fumerolles sans bruit.

Il n'y a pas de cratère sur la crête du cône secondaire. Cette crête est formée de grands blocs, sans superficie scorieuse et composée entièrement d'andésite compacte à hypersthène, augite et amphibole de couleur grise. Il n'y a que trois entailles, de profondeur différente, qui

coupent la crête dans une direction verticale à la direction N.E.; peut-être ces coupures indiquent elles des bouches d'éruption.

Entre le cône secondaire et le principal, se trouve un petit passage vers lequel s'abaisse la crête du cône secondaire en rochers escarpés d'environ 80 m. Les exhalations de vapeur sont rares dans cet endroit, bien qu'au milieu des blocs on rencontre des fissures avec une température très élevée, de 60 à 90°. En outre, sur les parois de ces fissures se déposèrent des couches peu épaisses de soufre de couleur rouge et jaune.

La pente du cône principal, au-dessus de ce petit passage, est formée de cendres et de sable, avec une inclinaison uniforme de 35°, interrompue par quelques blocs et bandes de roches andésitiques. L'ascension par cette pente est moins périlleuse que pénible à cause de la couche de cendres et de sable détachés.

Au milieu de ce que l'on appelle les bandes rocheuses, s'observent de nombreuses fumerolles sans grande intensité. On y ressent aussi une odeur de  $\text{SO}_2$ . Sur les parois des fissures le soufre se dépose en couches peu épaisses. L'odeur augmente et se fait sentir d'une manière de plus en plus désagréable à mesure que l'on gravit le cône.

Des roches compactes et scorieuses, superposées en différentes couches, forment la partie supérieure du cône, sur les côtés E., N.E., et O. du volcan. Les couches du N.E. et de l'E. se réunissent plus haut, et sont les restes d'une seule couche qui couvrait antérieurement le côté N.E. et E. mais qui a glissé en grande partie. Ce plissement a dû se produire avant 1869, parce que dans le défilé entre le volcan et le cône secondaire, les fragments de ce courant énorme ne se trouvent pas en

quantité suffisante pour correspondre à la masse gigantesque qui glissa.

Maintenant, les restes qui ont été retenus très haut dans le volcán forment une sorte de grand demi-cercle qui entoure le cône secondaire dans la partie supérieure du cône principal. La partie la plus élevée de ces roches est moins inclinée et elle est couverte d'une couche mince de cendres et de sable humectés par les vapeurs d'eau qui s'échappent, par de petites fissures. Celles-ci suivent parallèlement le bord du cratère: ce bord surplombe plus ou moins et semble avoir la tendance de se détacher et de tomber dans le cratère. Aussi est il nécessaire de s'approcher de ce bord avec précaution, car bien que le cratère n'ait plus la profondeur énorme que lui attribuent Montserrat et Dollfus, néanmoins l'orifice en est encore assez profond et effrayant.

Si nous nous avançons jusqu'au bord du cratère, nous observons que le rebord présente un rocher perpendiculaire d'environ 20 à 30 m, au fond du cratère. Ce rocher montre la superposition de trois couches différentes: les deux couches inférieures sont de l'andésite compacte, tandis que la supérieure est composée de scories.

La forme elliptique décrite par MM. Montserrat et Dollfus ne s'est conservée qu'en partie: Un grand demi-cercle entoure la bouche du volcán au Sud, à l'E. et au N.; ce demi-cercle présente des portes au S. et au N., et ces portes se trouvent à une distance de 150 à 200 m,<sup>1</sup> l'une de l'autre.

Au mois de Février 1906, quand je fis mes observations,

---

<sup>1</sup> Montserrat et Dollfus estiment à 500 m le diamètre du cratère; mais le dessin qu'ils en donnent et qui accompagne leur travail, n'est pas d'accord avec la description: dans le texte, ils donnent 50 m de diamètre au fond du cratère, et dans le dessin la relation entre ce diamètre et celui du cratère n'est pas exacte.

on ne pouvait pas voir beaucoup de l'entonnoir du cratère. Cet entonnoir, est rempli de lave scorieuse à surface hérissée et chaotique (Gekroeselava), qui déborda par le bord occidental du cratère pour descendre par la pente O. jusqu'à la Playa.

La partie O. de la cime du Volcán, formée par cette lave, est plus élevée que le rebord E. du cratère. La lave dans le cratère, s'est enfoncée.

La lave est une "Gekroeselava" une lave chaotique caractéristique ("pahoe-hoe") fracturée, rude et très rugueuse, sur laquelle se sont répandus des blocs de lave de formes très bizarres, produits ou sortis de crevasses dans la lave durcie superficiellement. Cette partie obscure du cratère présente un aspect sauvage et chaotique, et cet aspect est encore plus étrange en hiver, à cause de la neige qui se trouve dans les crevasses de la lave, tandis que dans la zone, où la lave s'unit avec la roche du flanc du cratère, s'échappent des nuages de vapeur chaude.

Les fumerolles n'existent pas seulement dans le cratère, mais aussi, comme je l'ai déjà indiqué, sur toute la partie supérieure du cône. Leur nombre et leur intensité augmentent encore sur le flanc septentrional, au-dessous du passage. Je n'ai pu trouver d'autres gaz que HCl et SO<sub>2</sub>. La température des vapeurs d'eau, le produit prédominant des fumerolles, est de plus de 85°.

Si de ce point élevé nous examinons les environs, nous apercevons au pied S.S.E. 3 mamelons couverts d'arbustes et que le peuple appelle "Los Hijos del Volcán" "Les Fils du Volcán." L'origine de ces trois collines est différente de celle du cône secondaire sur le flanc N.E. du Volcán. Les parties inférieures sont grossies par des courants de lave. Les parties plus élevées n'ont pu s'arrêter

sur la pente rapide du Volcán et se sont accumulées à son pied qui est moins incliné. Enfin l'érosion a détruit tous les restes supérieurs de sorte qu'il ne resta que les trois mamelons "Les fils du Volcán," au pied du cône.

A l'Est au pied du Volcán de Colima s'étend la vallée du Río Coahuayana ou de Tuxpan. Des alluvions, principalement de produits volcaniques forment une plaine peu inclinée, mais ayant une altitude 1,000 à 1,300 m au dessus du niveau de la mer. La rivière coule dans un ravin de 300 m de profondeur. Dans une gorge de ce ravin, nous voyons la formation de la plaine ou plateau secondaire "Talterasse" du Platanar qui occupe une hauteur moindre que les alluvions primaires, par où passe la dite barranca ainsi que cela de Atenquique (plus au N.) et cela de Beltrán (près de la Hacienda de San Marcos). Ces deux ravins prennent leur origine dans les hauts contreforts du Nevado.

De l'autre côté de la barranca de Coahuayana s'étendent les nombreuses sierras de l'Etat de Jalisco et de Michoacán, quelques-unes de ces montagnes sont d'origine éruptive, mais la plus grande partie est formée de sédiments du Crétacé moyen et inférieur. Ces sierras s'étendent vers le Sud, et sont séparées du Volcán par la grande et fertile Llanura de Colima.

Au S., S.O., et en partie à l'O., nous apercevons la côte du Pacifique dont le Volcán est séparé par une distance de 22 km.

A l'O. et au N.O., différentes chaînes se suivent l'une derrière l'autre. Entre cette région montagneuse et le Volcán, s'étend la plaine du Río de la Almería, qui forme la continuation de la Plaine de Colima.

Au N. seulement, le cône se réunit au massif du Nevado et forme ainsi la dernière élévation de la Sierra du

Nevado qui, plus au Nord, se joint à la Sierra de Tapalpa, bien connue pour ses mines. La Sierra del Nevado est formée de roches éruptives et prend un caractère plus moderne à mesure qu'elles s'étendent davantage vers le Sud.<sup>1</sup>

Ne pourrait-on pas supposer que les éruptions actuelles du volcan de Colima proviennent d'un foyer très périphérique qui se trouve peut-être dans le massif même du Nevado?

Deux régions éruptives au voisinage de la Sierra del Nevado paraissent être indépendantes du volcan de Colima. L'une se trouve au N.O. du Volcan, dans la plaine du Río de la Almería où se dressent deux cônes avec cratères très bien conservés et des courants de basalte assez étendus. L'autre, le Pedregal ou Malpais de Huescalapa,<sup>2</sup> à 4 km au Sud de Zapotlán: s'aperçoit en descendant du Nevado. C'est un courant étendu (1 km) de lave basaltique qui recouvre le sol de la vallée sous la forme d'une couche à surface très rugueuse. A peu près vers le centre s'élève l'Apastepetl (nom indigène qui signifie "montagne en forme de cuvette").

Cette montagne est composée de cendres, de scories (te-zontle) et de tufs. Le cône ne présente aucune coulée de lave. Ce volcan a cinq cratères: il est probable que

1 Dans la Sierra de Zacoalco (Partie septentrionale de la Sierra de Tapalpa) on rencontre de la diorite à augite; mais au Sud, entre Sayula et le pied du Nevado, la Sierra est formée d'andésite à amphibole et à pyroxène; le Nevado présente la même roche, mais l'amphibole est plus corrodée. Presque toujours ce minéral est réabsorbé dans l'andésite du volcan et on ne peut y trouver que quelques fragments corrodés de l'hornblende brune.

2 A l'Ouest de l'Hacienda de Huescalapa, au pied peu incliné du Nevado et près de la Ranchería "Las Canoas," au milieu des alluvions de la vallée, se trouve un trou circulaire de 50 à 60 mètres de profondeur avec un diamètre d'environ 70 m que les habitants du pays appellent "Tlacoyunque" (tlacoyunqui, mot indigène qui signifie "terre perforée"). Ce trou, aux parois escarpées, est un entonnoir d'enfoncement local comme les "Dolines" aux alentours de Karst (Autriche).

pendant la première époque d'activité l'Apastepetl ne produisit que des courants de basalte, tandis que vers la fin il y eut des éruptions de tufs et de cendres qui s'accumulèrent autour des cheminées. Avec ces éruptions s'est éteint la force intérieure du foyer d'Apastepetl.

Il nous reste à décrire l'activité actuelle du Volcán de Colima. Les éruptions qui commencèrent au mois de février 1903, diminuèrent au mois de mai de la même année et le volcán entra alors dans une période de peu d'activité. Le cratère principal est bouché par la lave des dernières éruptions; les cratères secondaires sont détruits et paraissent obstrués. Les fumerolles seules, qui présentent en général peu d'intensité dans leur action, produisent dans des intervalles irréguliers, de grandes quantités de vapeur, parfois même une nuée immense et pittoresque au bord du cratère. Le vent (du S.O.)<sup>1</sup> emporte presque toujours cette nuée vers le N.E. Souvent ces produits gazeux du volcán couvrent pendant toute la journée le ciel que le matin était sans nuages.

Il est à remarquer que le Volcán de Colima a produit relativement très peu de lave, ce qui a fait naître la fausse idée que le Colima n'a jamais produit de lave "parce que son altitude au-dessus du niveau de la mer est trop grande." Les habitants croient que si le Volcán rejette tant de vapeur, c'est parce qu'il se trouve en communication directe avec la mer. Ils croient en outre que tous les tremblements de terre—et ils sont nombreux dans le Sud de l'Etat de Jalisco ainsi que sur toute la côte du Pacifi-

---

1 L'effet de ce vent prédominant (S. O.) pendant les dernières éruptions paroxysmiques du Volcan s'observe très-bien aux pentes du Nevado. Dans une zone, qui s'étend au N.E. depuis le Volcan, dans la direction de Zapotlán, on rencontre beaucoup d'arbres morts, dépouillés de leurs branches. C'est dans cette direction, que l'on trouve les bombes les plus grandes et aussi les plus nombreuses.

que—sont causés par le Volcán de Colima et le Cebo-ruco.

Sur la géologie des environs du Volcán de Colima, on ne peut encore rien dire parce nous ne savons que peu de choses sur la géologie de la région.

Au Mexique, on rencontre plusieurs fois la combinaison d'un volcán sans cratère ("Vulkanberg ohne Krater" d'après Stübel) ayant une direction N.S. avec un autre volcan avec cratère ("Kratervulkan") situé dans les contreforts du premier, et qui n'est pas encore complètement éteint. Au type "Nevado—Volcán de Colima" appartiennent les groupes "Ixtaccihuatl—Popocatepetl" et "Cofre de Perote—Orizaba." Tous ces groupes offrent une ressemblance particulière avec le groupe "Cotacachi (volcán san cratère)—Cuicocha (lac de cratère ou Maar) dans l'Equateur, décrit par Stübel.

#### PETROGRAPHISCHER TEIL.

Angeschlossen an diese petrographische Übersicht findet sich eine Reihe von Analysen<sup>1</sup> und Analysenberechnungen, aus welchen wir die chemische Zusammengehörigkeit der Gesteine des Volcán de Colima und des Nevado deutlich ersehen.

In Betracht kamen folgende recht gut erhaltenen Stücke:

1. Volcán de Colima, östlicher Kraterrand, mittlere Lage. Hyalopilitischer Hypersthen-, Augit-, Hornblende-Andesit.

Dunkelgraues, rauhes, etwas poröses Gestein mit nicht

---

<sup>1</sup> Ausgeführt von Dr. V. von Vigier im chemischen Laboratorium des Instituto Geológico Nacional de México.

sehr deutlich ausgeprägter porphyrischer Struktur. In dunkler Grundmasse liegen schlechtausgebildete, gelbliche Feldspatkrystalle und in geringerer Menge gestreckte, dunkle Pyroxenprismen. Das Gestein zeigt rötliche Verwitterungsflecken. Unter dem Mikroskop deutlich porphyrische Struktur mit hyalopilitischer Grundmasse. Einsprenglinge: Erz in Körnern, basaltische Hornblende in Fragmenten, stark corrodirt und mit auffallendem Magnetitsaum. Teilweise ist die Amphibolmasse gänzlich reabsorbiert, dann erscheint nur mehr ein von einer Magnetitwolke umhüllter opaker Kern. Augitkörner seltener und kleiner als der Hypersthen, der teils in wohl ausgebildeten, nur randlich etwas corrodirtten Leisten, teils in zerbrochenen Krystallen sich findet. Dichroismus deutlich *c* graugrün, *a* und *b* gelbgrün-rötlichgelb. Plagioklase (Oligoklas-Bytownit) zonar striiert, häufig zerbrochen, mit ziemlich reichlichen Einschlüssen unter anderen (Apatit) auch von trübem Glas. Grundmasse: (Oligoklas) - Andesin - (Labrador) - leisten und - prismen, verbunden durch wenig trübes Glas.

2. Volcán de Colima, N.O. Fuss. Strom des Adventivkraters von 1869. Hyalopilitischer Hypersthen-, Augit-, Hornblende - Andesit.

Rauhes aber kompaktes Gestein von grauer Farbe und deutlich pophyrischer Struktur. In dunkelgrauer dichter Grundmasse liegen sehr viele kleine Plagioklaskrystalle und Körner, häufig sind auch dunkle Krystalle und Krystallgruppen von Pyroxen mit glänzend schwarzen Flächen.

Unter dem Mikroskop zeigt sich eine deutlich porphyrische Struktur mit hyalopilitischer (etwas trachytoider) Grundmasse. Einsprenglinge: Erzkörner; basaltische Hornblende, oft nur mehr in Resten, immer aber

stark corrodirt und mit deutlichem Magnetitsaum; Hypersthen und Augit, in ziemlich gleicher Menge, ersterer besser begrenzt und in Prismen, letzterer in Körnern und häufig verzwillingt. Plagioklas (Bytownit-Andesin) teilweise mit reichlichen, grössteils unregelmässigen Einschlüssen von Grundmasse mit Erz. Gewöhnlich zeigen die Plagioklase Zonarstruktur und feine Zwillingstreifung. Randlich sind sie stark corrodirt und ausserdem vielfach zerbrochen. In der Grundmasse von trübem Glas schwimmen Labrador-Oligoklasleisten in fluidaler Anordnung, ausserdem Erzsclieren und sehr wenig kleine Augitkörnchen.

3. Compakte Bombe vom Volcán de Colima, gefunden am Ocote del Lindero. Hyalopilitischer Pyroxen-Andesit.

Compactes, dunkles Gestein von deutlich porphyrischen Charakter. In dunkler glasiger Grundmasse sieht man Feldspateinsprenglinge in reichlicher Menge. Unter dem Mikroskop zeigt sich wieder dieselbe hyalopilitische Struktur der sehr dunkeln und glasreichen Grundmasse (Andesinnadeln und Augitkörnchen). Als Einsprenglinge finden sich Hornblende, Augit, Hypersthen und Plagioklas. Alle Krystalle sind stark corrodirt, Augit ist reich an Interpositionen und umhüllt den Hypersthen.

Ein Gestein, das diesem sehr ähnlich ist, bildet eine Lage der südlichen Felsabstürze des Ocote del Lindero.

Die chemische Zusammensetzung dieses Gesteines einer Bombe ist von den Gesteinen des Vulkans und des Nevado ziemlich verschieden, infolgedessen wurde die Analyse auch nicht in die Berechnung des chemischen und des Formel - Mittels einbezogen.

4. Gestein vom Gipfel des Nevado de Colima. Nicht mehr ganz frisch. Hyalopilitischer Augit - , Hypersthen - , Hornblende - Andesit.

Rauhes Gestein von grauer Farbe und deutlich porphyrischer Struktur. In dunkler, trüber Grundmasse liegen trübe Plagioklaskörner und-prismen, in bedeutend geringerer Menge Pyroxenkörner, die grün verwittern. Stellenweise tritt der dunkle Gemengteil noch mehr zurück, und dann beobachtet man nur seltene Pyroxen- und Hornblende-stäbchen. Im Dünnschliff zeigt sich deutlich porphyrische Struktur mit hyalopilitischer Grundmasse. Als intratellurische Einsprenglinge treten Erzkörner, basaltische Hornblende, Augit-körner und-fragmente mit schwachem Dichroismus, wenig Hypersthen in Prismen und Plagioklas (Bytownit—Labrador—Andesin) in grösstenteils zerbrochenen, grossen Krystallen mit Zonarstruktur und vielen Einschlüssen, die diesen Zonen folgen, auf. Auch die Hornblende enthält viele Interpositionen und ist randlich stark corrodirt und mit dunklem Magnetitsaum umgeben. In trüber, glasiger Grundmasse liegen Plagioklas (Oligoklas)-leisten, wenige Augitkörner und Erz.

5. "Rancho" zwischen "La Joya" und der Hacienda Huescalapa, am Wege längs der Wasserleitung. Massiv des Nevado. Pyroxen—Andesit.

Graues, ausgesprochen porphyrisches Gestein, etwas porös. In grauer Grundmasse liegen gelbliche Plagioklaskrystalle und wenig Pyroxene. In den Poren und Hohlräumen finden sich winzige Zeolithen. Unter dem Mikroskop bemerkt man die hyalopilitische Struktur der Grundmasse, die mit den leistenförmigen Plagioklaseinsprenglingen fast den Anschein trachytischer Struktur erzeugt. Als Einsprenglinge treten wenige Augit- und Hypersthenkrystalle auf, deren Menge gegenüber der der Feldspate verschwindend ist. Die Plagioklase (Bytownit-Andesin) sind fast durchwegs leistenförmig

ausgebildet, einschlussfrei und klar. Die frühere Anwesenheit der Hornblende wird häufig nur mehr durch Magnetitwolken mit opakem Nukleus wahrscheinlich. In der trüben glasigen Grundmasse liegen winzige Plagioklasnadelchen, Erz und wenig Apatit.

6. "Piedra Rara" am Weg Zapotlán—La Joya. Massiv des Nevado. Hyalopilitischer Augit -, Hypersthen -, Hornblende - Andesit.

Das Gestein wechselt stark in Farbe und Struktur. Gewöhnlich ist es gelblichgrau, rauh, dicht oder porös ohne deutlich porphyrischem Charakter. Unter dem Mikroskop zeigt sich eine hyalopilitische Struktur der Grundmasse mit mehr oder weniger Glas, in der Plagioklasse, wenig Hypersthen, und etwas mehr Augit, Hornblende nur mehr in Spuren, aber angedeutet durch dunkle Magnetitwolken mit opaken Kern, sich finden. Hin und wieder tritt auch Fluidalstruktur auf und windet sich besonders gerne um die dunklen Gemengteile. Die Einsprenglingsfeldspate (Bytownit — Andesin) sind reich an Einschlüssen, sind aber nicht in jedem Schliiff vorhanden.

7. Hacienda Providencia am Nordfuss des Nevado von Colima. Hypersthen -, Augit - Andesit. Hyalopilitische, fast trachytische Struktur.

Graues, ziemlich dichtes Gestein mit nur wenigen Einsprenglingen von Pyroxen. Mikroskopisch trachytische Struktur. Die Hornblende scheint vollständig zu fehlen, Hypersthen tritt in grössern Krystallen selten auf, Augit ist häufiger. Er erscheint in dunkelumsäumten (Magnetit) Körnern. Plagioklas (Anorthit—Labrador) in langen Leisten und Nadeln hat unscharfe Umrandung. In der Grundmasse von vorwiegendem trübem Glas liegen winzige Feldspatnadelchen und Augit-

fragmente. Erz findet sich hier fast nur randlich am Augit und als Produkt der Umwandlung dieses Minerals.

Zum weiteren Vergleich obiger Gesteine sind die beiden Analysen 1 und 2 in I. zusammengezogen, weiters aus 4, 5, 6 und 7, das Mittel II. berechnet. Aus I und II ergibt sich dann III, das Mittel aus allen Analysen 1—7 mit Ausnahme der Analyse 3.

#### 8. Löchriger Plagioklasbasalt vom Apastepetl.

Es ist ein löchriges, sonst aber fast ganz dichtes Gestein in dem nur einige Olivinkristalle mit freiem Auge erkennbar sind. Unter dem Mikroskop zeigt sich seine hyalopilitische Struktur. Als Einsprenglinge findet sich Augit in Körnern oft zu Gruppen vereinigt, seltener Olivin in Körnern und Krystallen und vorherrschend leistenförmiger Plagioklas (Bytownit—Labrador) mit Glaseinschlüssen. In der dunklen glasigen Grundmasse liegen fluidal kleine, klare Plagioklasnadelchen und -leisten, ausserdem wenige Augitkryställchen.

9. ist ein körniger, quarzhaltiger Augit - Glimmer Diorit aus der Sierra südwestlich von Zacualco.

Sowohl der petrographische wie auch der chemische Befund der Gesteine 1—7 zeigen uns zwei wichtige Tatsachen:

A. Der Volcan von Colima hat bisher immer sehr ähnliche Gesteine gefördert (1, 2 und 3). Es stammt also wohl das Magma aus einem kleinen, ziemlich unbedeutenden Herd.

B. Auch der Nevado und die Bergkette nördlich davon ist aus einem Pyroxen - Andesit aufgebaut, der sich von dem Pyroxen - Andesit des Vulkans auffallend wenig unterscheidet.—Ein bemerkenswerter Unterschied besteht darin, dass die Andesitlaven des Vulkans (allerdings stark corrodieren) Amphibol enthalten, während

in dem Gestein des Nevado und der nördlichen Kette die Hornblende grösstenteils reabsorbiert wurde.

Demnach stammen die Gesteine des Vulkans aus demselben Herd wie die der Sierra des Nevado. Nichts spricht dagegen, dass die heutigen Ergüsse des Colima von einem sehr periferen, secundären Herd des Nevado-massiv selbst stammen.

Der Basalt des Apastepetl ist ein Plagioklasbasalt, der sich von den Gesteinen des Volcán de Colima durchaus unterscheidet. Ein zur Zeit der Bildung des Apastepetl bestehender Zusammenhang des basaltischen Herdes mit dem des Nevado ist sehr unwahrscheinlich, trotz der geringen Distanz der beiden Bildungen.

Der Augit-Diorit von Cofradía lässt sich vorderhand noch nicht in genetischen Zusammenhang mit der Andesit des Nevado bringen: dafür sind noch eingehende Studien nötig.



A

(Analysen ausgeführt von Dr. V. von Vigier.)

	Volcán de Colima			I	III	II	Nevado de Colima				Apastepetl	Zacoalco		
	1	2	3				4	5	6	7			8	9
H <sub>2</sub> O (105°)	0.00	0.00	0.00	.....	.....	0.19	0.10	0.20	0.03	0.05	0.00	0.13		
H <sub>2</sub> O bei Rg	.....	.....	.....	.....	.....	0.22	.....	0.38	0.06	0.00	0.00	0.15		
Cl	Spur.	Spur.	Spur.	.....	.....	.....	Spur.	Spur.	Spur.	Spur.	.....	.....		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0.34	Spur.		
SiO <sub>2</sub>	60.98	61.98	57.51	61.48	60.09	58.71	58.75	59.45	59.05	57.60	51.30	66.53		
TiO <sub>2</sub>	0.09	0.22	0.57	0.15	0.22	0.30	0.26	0.41	0.17	0.35	0.53	0.33		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.06	18.11	14.77	18.58	17.74	16.91	17.64	16.59	17.00	16.40	16.61	16.67		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.12	1.81	4.92	1.46	FeO	3.90	3.14	4.32	4.81	3.33	0.85	0.56		
FeO	4.26	3.51	4.88	3.88	5.2 5.5	2.99	3.70	3.26	1.12	3.89	6.89	4.26		
MnO	0.35	0.19	0.20	0.27	0.25	0.23	0.31	0.23	0.17	0.21	0.26	0.15		
MgO	1.20	2.54	4.86	1.87	2.88	3.90	1.76	3.60	4.49	5.73	7.21	1.22		
CaO	6.87	6.06	6.82	6.46	6.76	7.07	7.25	6.55	7.19	7.29	10.02	4.14		
Na <sub>2</sub> O	4.52	3.34	4.68	3.93	3.86	3.80	4.46	3.70	4.20	3.82	3.08	3.46		
K <sub>2</sub> O	1.86	2.26	1.76	2.06	1.94	1.82	2.24	1.76	2.14	1.14	3.16	2.78		
Sp. G.	100.31	100.19	100.47	100.14	.....	99.63	99.61	100.45	100.43	99.81	10.025	100.38		
	2.569	2.666	2.736	.....	.....	.....	2.701	2.719	2.700	2.807	2.830	2.699		

B

(Molekularprocente)

SiO <sub>2</sub>	66.92	67.89	62.84	67.40	65.91	64.42	65.50	65.54	64.40	62.22	54.89	73.33
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.29	11.64	9.42	11.96	11.42	10.87	11.52	10.70	10.90	10.37	10.34	10.77
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.46	0.74	2.00	0.60	Fe	1.60	1.31	1.78	1.96	1.34	0.34	0.23
FeO	3.89	3.19	4.40	3.54	2.01 1.96	2.65	3.43	2.98	0.73	3.48	6.08	3.90
MnO	0.32	0.18	0.18	0.25	0.23	0.21	0.29	0.21	0.16	0.19	0.23	0.14
MgO	1.97	4.16	7.06	3.07	4.76	6.36	2.93	5.92	7.35	9.24	11.45	1.13
CaO	8.03	7.09	7.92	7.56	7.92	8.28	8.63	7.70	8.40	8.40	11.37	4.87
Na <sub>2</sub> O	4.79	3.53	4.91	4.16	4.21	4.26	4.79	3.93	4.36	3.97	3.16	3.66
K <sub>2</sub> O	1.30	1.57	1.21	1.44	1.36	1.28	1.59	1.24	1.50	0.78	2.13	1.95
	99.97	99.99	99.97	99.98	.....	99.93	99.99	100.00	99.76	99.99	99.99	99.98

C

Berechnung nach Loewinson-Lessing

α	2.67	2.75	2.18	2.70	2.53	2.37	2.5	2.46	2.36	2.14	1.48	3.00
β	49.4	47.3	59.1	48.4	51.7	55.2	52.7	52.6	55.3	60.7	82.2	33.4
R <sup>2</sup> O	6.09	5.10	6.12	5.60	5.57	5.54	6.38	5.17	5.86	4.75	5.29	5.61
RO	14.21	14.62	19.59	14.42	15.96	17.50	15.28	16.81	16.64	21.31	29.13	10.04
R <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	12.75	12.38	11.42	12.56	12.52	12.47	12.83	12.48	12.86	11.71	10.68	11.00
SiO <sup>2</sup>	66.92	67.89	62.84	67.40	65.91	64.42	65.50	65.54	64.40	62.22	54.89	73.33
	99.97	99.99	99.97	99.98	99.97	99.93	99.99	100.00	99.76	99.99	99.99	99.98
Formel.												
RO	3.09	3.01	3.95	3.05	3.29	3.53	3.25	3.34	3.49	4.04	5.42	2.38
R <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	1.94	1.89	1.75	1.91	1.90	1.90	1.92	1.90	1.97	1.82	1.68	1.67
SiO <sup>2</sup>	10.17	10.35	9.66	10.26	10.04	9.82	9.82	9.96	9.86	9.64	8.64	11.13
„Zahl“	15.20 <sub>2</sub>	15.25 <sub>4</sub>	15.36 <sub>5</sub>	15.22	15.23	15.25	14.99 <sub>9</sub>	15.20 <sub>0</sub>	15.32 <sub>2</sub>	15.50 <sub>1</sub>	15.74	15.17 <sub>6</sub>

D

Berechnung nach Osann

S	66.56	67.40	61.47	66.98	65.49	64.00	64.64	65.54	64.44	61.39	54.71	73.16
A	6.09	5.07	6.00	5.58	5.55	5.52	6.32	5.16	5.91	4.69	5.28	5.59
C	6.14	6.47	3.27	6.30	5.77	5.24	5.07	5.54	4.98	5.55	5.03	5.15
F	3.97	9.50	19.98	9.23	11.80	14.38	12.57	13.05	13.77	18.14	24.69	5.34
a	6	5	4	5.5	5	4.5	5	4.5	5	3.5	3	6.8
c	6	6	2	6	5	4	4	4.5	4	4	3	6.5
f	8	9	14	8.5	10	11.5	11	11	11	12.5	14	6.7
n	7.85	6.9	7.98	7.23	7.48	7.74	7.5	7.6	7.48	8.36	5.97	6.5
m	7.9	9.4	7.7	8.6	8.2	7.8	7.2	8.0	7.53	8.5	7.44	10.0
k	1.15	1.27	0.95	1.21	1.15	1.1	1.06	1.18	1.11	1.07	0.82	1.48

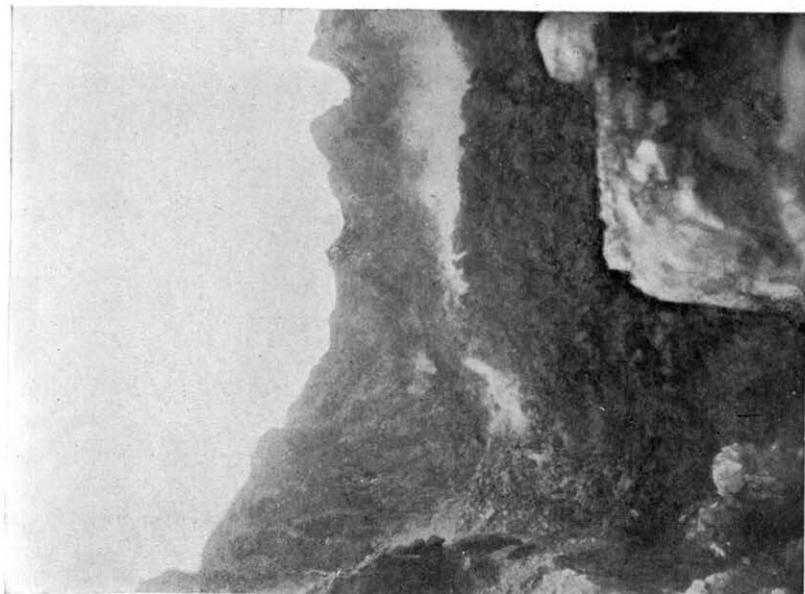


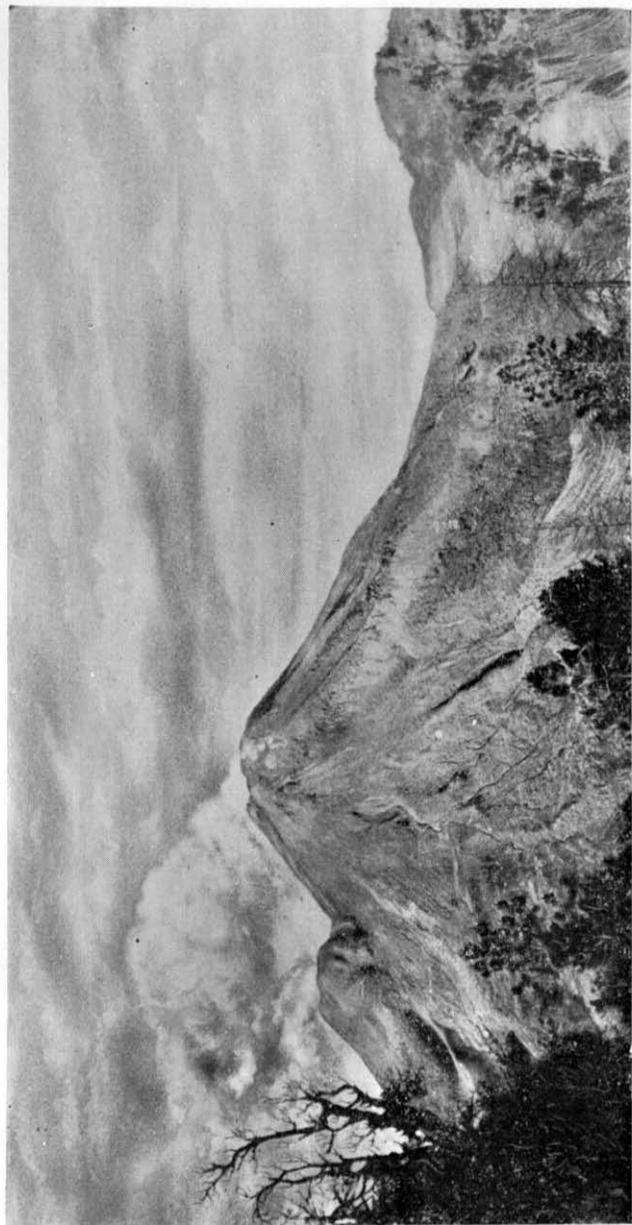
Fig. 2—Le cratère du Volcan de Colima.



Fig. 1—Dépôts stratifiés de cendre près du Rancho de la Joya.



Fig. 3 — Volcan de Colima avec le cône adventif.  
(Du devant la coulée de 1869)



Phot. P. Walz

Fig. III. Le Volcan de Colima vu du Nord.

