

LA
SIERRA MADRE OCCIDENTALE

DE
L'ÉTAT DE CHIHUAHUA
(MEXIQUE)

PAR
EDMUND OTIS HOVEY
NEW YORK

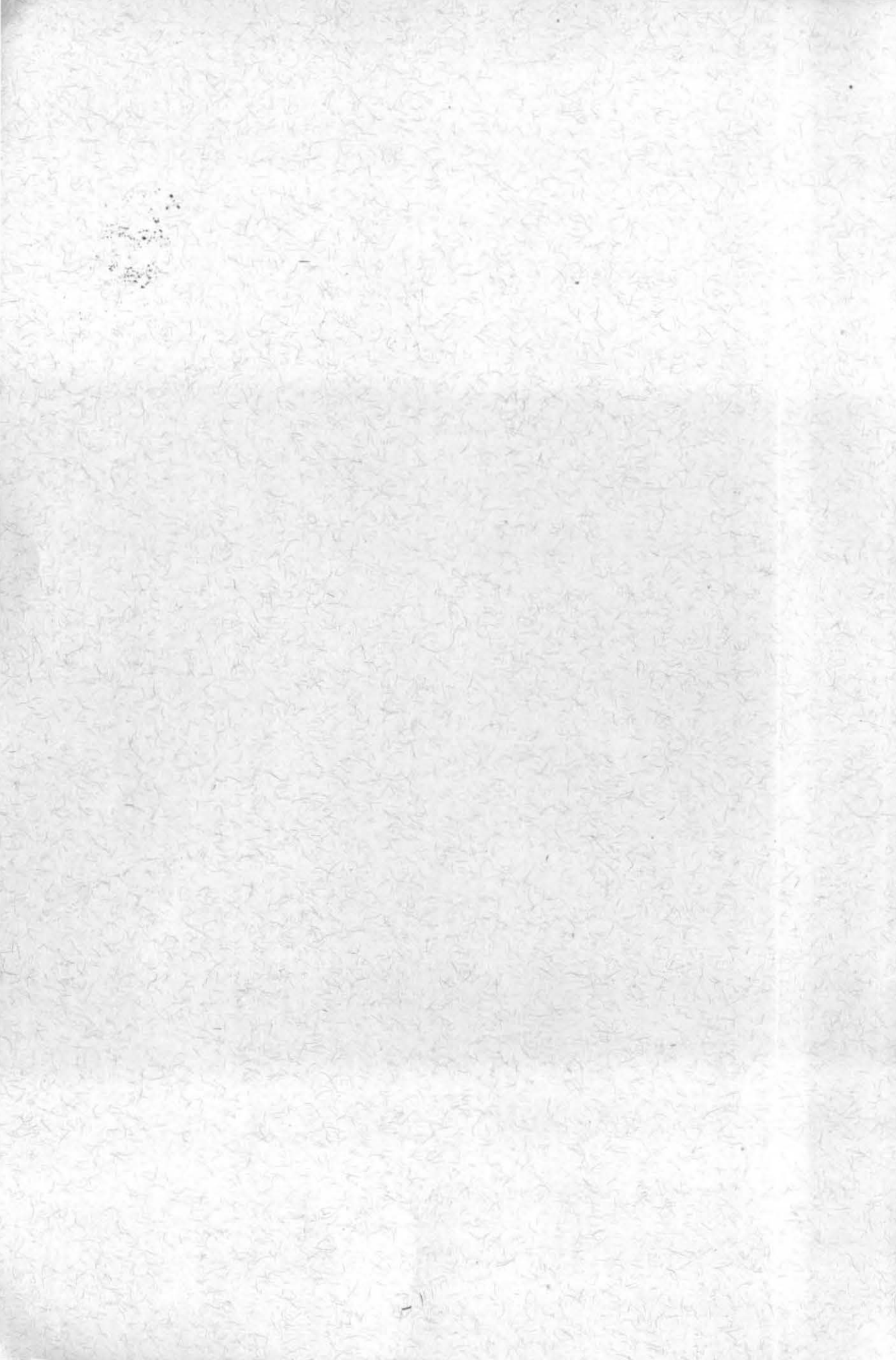


MÉXICO.

IMPRESA Y FOTOTIPÍA DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO.

Callejón de Betlemitas núm. 8.

1906.



LA
SIERRA MADRE OCCIDENTALE

DE

L'ÉTAT DE CHIHUAHUA

(MEXIQUE)

PAR

EDMUND OTIS HOVEY

NEW YORK



MÉXICO.

IMPRESA Y FOTOTIPÍA DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO.

Callejón de Betlemitas núm. 8.

—
1906.

LA SIERRA MADRE OCCIDENTALE DE L'ETAT DE CHIHUAHUA

MEXIQUE.

PAR EDMUND OTIS HOVEY, NEW YORK.

Le haut plateau du Mexique est souvent considéré comme un énorme bloc de failles, limité à l'est et à l'ouest par de grands systèmes de montagnes qui poursuivent des lignes structurales d'une direction générale de N. 30° O.-S. 30° E. Au nord, le plateau Mexicain se perd par degrés dans les hautes plaines de l'Arizona du Nouveau Mexique, au sud les caractères du plateau sont effacés dans le complexe des pitons montagneux au sud et à l'ouest de la ville de Mexico.

Felix et Lenk considèrent le plateau comme étant coupé par une grande faille d'une direction presque est-ouest le long de la vallée de la rivière Balsas, mais Aguilera a refuté cette idée dans sa brochure intitulée "Sobre las condiciones tectónicas de la República Mexicana."

Le grand plateau central est composé d'une série de plus petits plateaux qui montent vers le sud d'une altitude de 1,260 m. au-dessus du niveau de la mer sur la frontière américaine près de Ciudad Juárez, jusqu'à 2,250 m. au-dessus du niveau de la mer près de la ville de Mexico. L'élévation de l'est à l'ouest est aussi bien marquée. La plus grande partie du plateau consiste en roches volcaniques, et en effet des rhyolites sont dessinées par M. Ordóñez sur une vaste étendue de la surface. Des calcaires crétaciques se trouvent dans la partie nord-est du plateau, et aussi dans des localités isolées des parties nord de Chihuahua et de Sonora. Cependant le cœur de la Sierra Madre occidentale de Chihuahua à l'ouest et au sud-ouest était

presque une *terra incognita* pour les géologues, on peut dire, avant le voyage de M. le professeur Hill et de l'auteur,¹ février-avril, 1905 par Casas Grandes, les cañons des rivières San Miguel, Aros et Tutuaca, jusqu'à Ocampo (Jesús María) dans le coin de l'extrême sud-ouest de Chihuahua. En retournant d'Ocampo nous passâmes par Miñaca à la ville de Chihuahua. Le voyage de Casas Grandes à Miñaca, environ 700 km., a été fait à cheval et à mulet.

La région en question se divise naturellement en trois subdivisions: 1.°, le plateau relativement bas, désert ou semi-aride, entre le commencement de la mesa près de Ciudad Juárez et El Rusio, 16 km. au sud de l'Hacienda San Diego; 2.°, le haut plateau renfermant le Llano Cristo (Hacienda San Miguel), Llano Bavicora et de semblables bassins fermés ("inclosed basins") au milieu des montagnes; 3.°, le district de cañons avec ses mesas nombreuses qui sont les restes de bassins fermés.

Le désert présente des particularités qui sont d'un haut intérêt et d'une grande importance géologique.² Où les pluies sont presque nulles, la végétation manque et les variations diurnales de la température causent une rapide désagrégation des roches. La gravitation, les forts vents et les rares averses entraînent les fragments vers les fonds des bassins. Quand un drainage extérieur n'existe pas, et quand le climat est tout à fait aride, les bassins deviennent des "bolsons du désert," mais il n'y a pas de différence essentielle entre les bolsons du plateau et les bassins fermés moins arides des hautes montagnes.

Dans les bolsons, comme dans les bassins fermés il existe, des lacs plus ou moins permanents, qui sont les réservoirs des eaux des pluies locales, ou qui, comme les Lagunas de Guzmán, de Santa María et d'autres, reçoivent, pendant une partie de l'année au moins, des rivières venant des hautes montagnes. L'étude de ces phénomènes conduit à l'idée qu'il n'est pas nécessaire de supposer l'existence de lacs permanents (avec les changements du climat dépendants) pour l'explication des dépôts stratifiés des mesas du nord. De semblables dépôts se forme-

¹ L'auteur comme le représentant de l'American Museum of Natural History de la ville de New York.

² Voir les travaux de MM. Davis, Hill, Keyes, de Lapparent, McGee, Penck, Walther et autres.

raient aussi dans les lagunes périodiques ou temporaires qui caractérisent le désert de Chihuahua du nord.

Le cañon de la rivière San Miguel (Palanganas) donne une admirable section d'environ 900 m. d'épaisseur de la couche supérieure du plateau. A l'est et dans le voisinage de l'Hacienda San Diego on trouve des calcaires crétaciques recouverts de roches volcaniques. Au bord de la rivière à San Diego, à 1,500 m. au-dessus du niveau de la mer, se trouve un lit de rhyolite recouvert de basalte. Du basalte est aussi intercalé entre les récents dépôts des bassins. A une distance de 24 km. plus au sud la rivière débouche du cañon à une élévation de 1,600 m. au-dessus du niveau de la mer. Là on trouve, au fond du cañon, de l'andésite, recouverte çà et là d'une couche de basalte. Le basalte n'est pas décomposé, et on peut supposer qu'il est la roche la plus récente de la section, malgré sa position actuellement basse. Probablement le basalte a été détruit par l'érosion du cañon dans les niveaux supérieurs.

A 1,660 m., au-dessus du niveau de la mer il existe de la rhyolite apparemment superposée à la couche basale d'andésite, sans basalte entre les deux. Il y a environ 150 m. d'épaisseur de rhyolite et de tuf; au-dessus de la rhyolite on trouve des couches d'andésite d'une épaisseur de 350 m.; quelques unes de ces couches ont 40 m. d'épaisseur. Au-dessus de l'andésite des laves acides (rhyolite, etc.) apparaissent encore dans les parois du cañon et semblent continuer jusqu'à la cime du Cordon del Metate, qui a environ 2,400 m. d'élévation au-dessus du niveau de la mer. On a alors ici une épaisseur probable de 240 m. pour ces lits. A l'est du cordon formant la limite de l'est du cañon l'andésite semble être la surface rocheuse ordinaire du Llano Cristo, mais çà et là on peut voir de la rhyolite.

Au Sud et à l'ouest du Llano Cristo au champ de bois de Dredrick, à 90 km. de distance environ, des ravins du plateau montrent des laves andésitiques en abondance; alors que les parties supérieures des collines et du plateau sont de rhyolite; et les montagnes qui forment les limites paraissent être de la roche plus acide. Les débris formant le Llano Bavicora contiennent une grande quantité de silice opaline et calcédonique, provenant probablement des falaises de rhyolite qui se projettent

dans la plaine comme les promontoires le long les côtes de la mer. Ça et là on aperçoit des couches de basalte récent.

L'aspect le plus frappant de la pétrographie de la surface est l'apparente prédominance d'andésite dans le plateau, en contraste avec la rhyolite qu' Ordóñez a décrit comme prédominante dans la région est et sud de ce district. Les cordons du haut plateau semblent être généralement de la rhyolite; ils contiennent beaucoup d'obsidienne ainsi que de lave lithoïde.

La section dans le cañon de la rivière de l'Aros à l'ouest du camp de Dedrick est, en quelque sorte, différente de celle exposée dans le cañon de San Miguel. Cette différence résulte du fait que le cañon est coupé plus profondément dans le plateau, atteignant une altitude d'environ 1,200 m. au-dessus du niveau de la mer à la rivière près de la mine de Guaynopita. Les couches sont donc visibles sur une distance verticale d'à peu près 1,600 m. La succession des roches a seulement pu être notée.

Au-dessous du lit de rhyolite de l'épaisseur de 200-250 m. formant le cordon à l'est, il y a un tuf (conglomérat?), décomposé contenant des matériaux rhyolitiques, au-dessous duquel, à environ 2,120 m. au-dessus du niveau de la mer, se trouve une couche considérable d'andésite augitique d'un aspect particulier, parce qu'elle montre une pâte extraordinairement mince alors que les phénocristaux d'augite et de plagioclase sont relativement grands. La plupart de cette couche d'andésite est couverte de conglomérats et des grès "du bassin," dont le dessus forme une grande mesa au milieu du cañon à une altitude moyenne d'environ 2,050 m. au-dessus du niveau de la mer.

Au-dessous des couches de la mesa on trouve de l'andésite en plusieurs coulées entre les élévations de 1,930 à 1,750 m. au-dessus du niveau de la mer. Cette andésite est d'une pâte à plus gros grain que l'andésite à 2,120 m. au-dessus du niveau de la mer. Ses phénocristaux au contraire sont moins importants et sont relativement minces. De 1,750 m. à 1,450 m. au-dessus du niveau de la mer se trouvent des tufs rhyolitiques rouges et blancs d'une direction de N. 10° E. (vraie) et d'une inclinaison de 27° E., contenant des couches de rhyolite. De 1,450 m. à 1,345 m. au-dessus du niveau de la mer il existe encore une couche d'andésite massive, au-dessous de laquelle on rencontre

la surface supérieure d'un lit de lave fort poreux et très décomposé. La couche a les plis superficiels d'une coulée de lave très basique. La roche contient beaucoup d'amygdules de calcite, de quartz (calcédoine), d'apophyllite, de natrolite et probablement d'autres minéraux zéolithiques. On peut dire que la roche est probablement un basalte, mais sa basse position dans les laves du plateau est très-intéressante. Il y a un grès rouge, d'un développement pour ainsi dire local, d'une épaisseur d'un mètre ou d'un mètre et demi, entre le basalte et l'andésite superposée. La rivière Aros a une altitude d'environ 1,340 m. au-dessus du niveau de la mer, où la route, qui même du champ de Dedrick à la mine de Guaynopita, la traverse.

La section exposée entre la traverse de la rivière et la mine de Guaynopita montre d'abord le basalte à amygdules déjà mentionné, puis une forte couche d'andésite au-dessus de laquelle s'observe une série de huit coulées ou plus de rhyolite vitreuse bien dévitrifiée d'une épaisseur totale d'environ 220 m. Cette rhyolite est d'une couleur rouge foncé. Dans la rhyolite rouge se trouvent de forts filons de rhyolite blanche grisâtre. Le long de la route la rhyolite rouge est couverte par la plupart des dépôts du bassin d'une position correspondante à celle de ceux du côté est du cañon. D'une altitude d'environ 1,600 à 1,780 m. au-dessus du niveau de la mer affleure une andésite massive et à vésicules.

Cette andésite est un peu plus basse et moins épaisse que celle du côté est du cañon qui en est peut-être la continuation. A environ 1,780 m. au-dessus du niveau de la mer on rencontre le fond d'une forte série de lits de rhyolite gris clair, presque blanche, d'une épaisseur de pas moins que 100 m. La couche de rhyolite s'incline et s'amincit vers le nord-ouest.

En descendant encore dans le cañon on se trouve dans la petite région d'à peu près 4 km. carrés, qui contient Guaynopita et le groupe Monterrey de filons minéralisés.

La géologie de ce district a été déjà décrite en détail par l'auteur,¹ cependant j'en donnerai un résumé. La mine de Guaynopita se trouve approximativement à la latitude de 29° 22' et à

¹ Festschrift zum 70ten Geburtstag des Herrn Geh. Rat. Prof. Dr. H. Rosenbusch, Stuttgart, 1906.

la longitude de $107^{\circ} 2'0$. (de Greenwich). Ici la rivière Aros à coupé son cañon jusqu'au cœur granitique de la Sierra Madre occidentale. La rivière a une élévation d'environ 1,200 m. au-dessus du niveau de la mer, la plus basse élévation que nous atteignîmes le long de l'Aros. Le granite (un biotite-granitite, pour la plupart) est intrusif et pénètre dans un calcaire bleuâtre, cristallin et semi-cristallin, d'une épaisseur de 150 m. au moins. Ce calcaire, qui est donc plus ancien que le granite est, d'après M. Hill, d'un âge crétacique et d'une origine marine. Les lits ont une direction N. 55° E. et une inclinaison d'environ 40° vers le S.E. Le calcaire a été renversé, plissé, fracturé et métamorphosé par les forces qui ont élevé la région générale. Ces forces paraissent avoir agi de l'ouest vers l'est. Des schistes certainement, et apparemment du gneiss aussi, ont résulté du métamorphisme des lits argileux dans le calcaire. Le granite a sans doute fait intrusion au-dessous et dans une andésite plus ancienne que toutes les autres couches volcaniques du grand plateau. Dans l'ordre de la superposition, alors, la section de Guaynopita jusqu'au sommet de la mesa au sud de la mine est, en commençant avec les lits les plus anciens: calcaire crétacique, andésite, granite, filons de quartz fort minéralisés, filons de diabase-porphyrite, dacite (?), rhyolite, andésite, basalte.

La rivière Aros est tributaire de la rivière Yaqui, et alors son drainage fait partie du système pacifique de drainage. L'histoire d'Aros et de ses affluents donne la clef de la formation de la Sierra Madre occidentale. Ce système de rivière est un exemple d'une série de ruisseaux "conséquents" dont le drainage a été capturé par les ruisseaux dominants qui sont avancés vers l'arrière occupant l'inclinaison originale des surfaces des laves et des tufs, qui forment la partie principale de la région du plateau du Mexique. Les uns après les autres, les bassins fermés ont été envahis, drainés et coupés par la rivière et leurs branches. Les restes des dépôts du bassin persistent comme des mesas au sommet des montagnes de circumdénudation ou comme des terrasses aux côtés des cañons. Les grands cañons ainsi que les ravins subordonnés présentent une section transversale, qui a la forme d'un V.

Au sud-sud-est de Guaynopita la haut mesa, 2,200-2,460 m.

au-dessus du niveau de la mer, forme la division entre le drainage de l'Aros et celui de son tributaire principal, la Tutuaca. Nous parcourûmes le long de cette mesa, ou mieux de cette série de mesas, une distance de 60 ou 70 m., et plus tard à 80 km. plus au sud nous les traversâmes de Temochic jusqu'à Minaca. La plupart de la roche superficielle paraît être de l'andésite, mais il y a aussi beaucoup de basalte récent. Dans la portion méridionale de cette zone les coulées sont plus larges, ou moins diminuées par l'érosion. Au dessous de l'andésite et au sud-ouest de la zone d'andésite on rencontre de grands lits de rhyolite lithoïde et vitreuse.

A environ 50 km. en ligne droite au sud de Guaynopita nous parcourûmes une section transversale du cañon de la rivière Tutuaca. Cette section se trouve tout à fait à l'ouest de celle du cañon de l'Aros entre Dedrik et Guaynopita. La série du côté est, commençant à l'élévation d'environ 2,400 m. au-dessus du niveau de la mer (Mesa Venado), es la suivante: de l'andésite, environ 80 m. de la rhyolite, 40 à 50 m., de l'andésite, 150 m. de la rhyolite et du tuf rhyolitique 200 à 225 m. de la rhyolite lithoïde et vitreuse (obsidienne), en coulées de grande superficie et d'une épaisseur indéterminée. Ça et là un filon basique coupe cette base rhyolitique. Le fond du cañon de la Tutuaca est large et il montre des lits alternants de rhyolite, d'andésite et de basalte ancien. Les dépôts du bassin sont étendus et ont 120 m. d'épaisseur dans la partie ouest du cañon. Le large fond est coupé par des gorges récentes du drainage présent.

Nous traversâmes la rivière Tutuaca à une altitude d'environ 1,110 m. au-dessus du niveau de la mer. La section de la partie à l'ouest de la rivière du cañon montre un lit de basalte d'une épaisseur de 40 m. commençant environ 80 m. au-dessus de la rivière. Au même niveau et au voisinage, dans l'arroyo de Dolores, il y a une zone importante de schistes chloritiques, qui correspondent évidemment aux calcaires et aux schistes de Guaynopita, mais le temps manqua pour déterminer l'occurrence de calcaire ou de granite à Dolores. A environ 230 m. au-dessus du basalte comence une couche de diabase d'un épaisseur d'environ 140 m. au-dessus de laquelle on trouve une série de coulées, de rhyolite (lithoïde et vitreuse) d'environ 100 m. d'épaisseur,

au-dessus de laquelle il y a des lits de tufs rhyolitiques mesurant en somme 200 m. d'épaisseur. Les mines d'argent et d'or de la Dolores Mining Company exploitent de forts filons siliceux, qui coupent le grand lit de diabase.

Le voyage au sud de Dolores jusqu'à Ocampo (environ 85 km. dans une ligne directe) montre la nature superficielle d'une portion de la région entre la rivière Tutuaca et la rivière Mulatos à l'ouest. La rivière Mulatos est encore un tributaire de l'Aros qui coule au nord. La région est plus morcellée que celle à l'est de la Tutuaca, ce qui illustre le fait général que l'érosion profonde a avancé et avance de l'ouest à l'est. Les roches de la surface sont : la rhyolite, l'andésite, la diabase et le basalte. Les roches basiques prédominent. De la trachyte (?) bréchi-forme fût trouvée à la ferme Las Animas. Des filons de quartz minéralisé d'argent, d'or et de cuivre caractérisent une partie de la région. Elles augmentent en valeur plus au sud.

Près du village indien de Yepachic (2,060 m. au-dessus du niveau de la mer) nous entrâmes dans la région drainée par le système de la rivière Mulatos. L'érosion de cette région est encore plus avancée que celle de la partie ouest de la vallée de la Tutuaca. Beaucoup de tuf rhyolitique est exposé dans la partie sud (la portion supérieure) de la vallée Mulatos. Le tuf est accompagné d'un grès, bien stratifié, composé entièrement de matériaux volcaniques. Le grès a une direction de N. 60° E. et une inclinaison de 20° E.

La rivière Moris, qui est tributaire de la rivière Mayo, donne une section d'environ 2,450 m. au-dessus du niveau de la mer à l'Hacienda Navosaigame. Les lits supérieurs sont de la rhyolite et ils reposent en discordance sur des lits de conglomérat ancien bleu foncé d'une grande épaisseur et d'une inclinaison de 15° vers le Sud. Le conglomérat est composé de matériaux volcaniques et coupé par un grand nombre de filons basiques. M. Hill et l'auteur ont appelé le conglomérat "la formation Navosaigame." A l'est et au sud du cañon du Moris se trouve un grand district de roches extrêmement décomposées. Ce sont des coulées et des tufs de rhyolite, et elles sont coupées en tous sens par des filons basiques. Le champ minier d'Ocampo se trouve à la lat. 28° 13' N. et long. 107° 6' 40" O. de Greenwich). La cuupe

qui s'observe à Ocampo (Arroyo de San Juan) est la suivante:

Élévation au-dessus du niveau de la mer.	Caractère des roches.
Au-dessous de 1800 m.....	Conglomérat (Navosaigame).
1800 à 1950 m.....	Diabase.
1950 à 1965 m.....	Agglomérat à diabase.
1965 à 2020 m.....	Conglomérat gris et grès (tufs?).
2020 à 2160 m.....	Coulées et tufs de rhyolite.
2160 à 2180 m.....	Andésite.
2180 à 2300 m.....	Diabase.
2300 à 2380 m.....	Gros conglomérat à couches épaisses et grès.
2380 à 2540 m.....	Andésite et brèche andésitique.

La coupe au champ minier de Pinos Altos, à une distance d'environ 15 km. au nord-est d'Ocampo, visible dans le cañon du Río Bravo, tributaire de la Moris, montre à sa base du conglomérat incliné, bleu foncé, couvert en discordance par des lits presque horizontaux de rhyolite, de diabase et encore de rhyolite (des coulées et des tufs). La rhyolite inférieure et la diabase sont croisées par de forts filons de diabase et de roches moins basiques, et par de grands filons siliceux minéralisés qui ont fourni beaucoup de minéral aurifère et argentifère.

Le trajet de Pinos Altos à Miñaca montra près de Pinos Altos du tuf rhyolitique d'une inclinaison variable à l'est. Ce tuf est couvert d'un lit épais de rhyolite et d'obsidienne perlitique grise. Les rhyolites sont étendues. Des lits horizontaux de grès jaune clair, qui contient des cailloux arrondis et qui montre une stratification inclinée, se trouvent le long la rivière Temochic à mi-chemin d'Ocampo à Miñaca. Près de Temochic de semblables assises gréseuses ont subi une disturbance locale par suite de l'intrusion d'une roche éruptive indéterminée. De grandes couches d'andésite d'une épaisseur d'à peu près 200 m. entourent le village et le petit bassin de Temochic. A l'est de l'andésite et partiellement au-dessus, d'une façon imbriquée, se trouvent des coulées de basalte également d'une épaisseur d'environ 200 m. De semblables coulées basiques paraissent former la surface de cette région, excepté près d'Agua Caliente, où je remarquai environ 30 m. de la rhyolite, de l'obsidienne perlitique et du tuf rhyolitique, situés apparemment entre l'andésite et une coulée supérieure de basalte.

Dans le bassin de Miñaca, la rhyolite forme des collines, et l'obsidienne qui compose la proéminente Butte Miñaca donna le nom à la nouvelle ville du chemin de fer. Cependant, l'andésite ne manque pas, et çà et là on remarque du basalte récent. La section à l'est de Miñaca, le long du chemin de fer Miñaca-Chihuahua, paraît montrer à la surface du plateau une grande prédominance de roches basiques.

La surface du plateau, du sommet du col au-dessus d'Ocampo jusqu'au sommet du col qui domine le bassin de Miñaca, varie en altitude d'environ 2,540 m. au-dessus du niveau de la mer, à chacune de ces limites, jusqu'à environ 2.080 m. au-dessus du niveau de la mer, au village de Temochic. Dans le plateau, il y a plusieurs bassins fermés, comme celui de Temochic, dont le drainage n'a été que récemment capturé par le système de drainage du fleuve dominant (l'Aros, dans ce cas). Le plateau est ici peu morcellé. Le bassin de Miñaca, qui à une altitude d'environ 2,200 m. au-dessus du niveau de la mer, est un grand bassin fermé, comme le Llano Bavicora, mais une partie de son drainage a été capturé par celui de la rivière Aros, qui traverse la plaine. Le bassin contient encore des lagunas, grandes et petites, qui n'ont aucun débouché.

La structure de la Sierra Madre Occidentale de l'état de Chihuahua, sur ce trajet, n'est pas compliquée. Un soubassement de calcaires crétaciques marins a été élevé à une altitude de 1,800 m. au-dessus du niveau de la mer au moins. Cette élévation était accompagnée par des phénomènes de métamorphisme. Une ancienne andésite était associée à ces calcaires. Du granite intrusif post-crétacique se trouve en grandes masses dans et au-dessous des calcaires et de l'andésite. Des filons siliceux et des roches éruptives se formèrent. Des couches innombrables de basalte, d'andésite, de dacite (?), de rhyolite, et les brèches et les tufs correspondants ont été répandus sur cette série. Ça, et là des grès ont été formés, et dans les dépressions des montagnes les dépôts des bassins fermés et des bolsens ont été amassés. L'érosion avance de l'ouest à l'est et la plupart du relief actuel des montagnes est le résultat de cette érosion.

