

**Geological Profile of Andes  
Mountain Range in Northern Ecuador**

By

TAKEO BAMBÁ & JOSÉ HERRERA

Abstract

The Andes mountain range in northern Ecuador is classified topographically into the eastern range, the western range and the mediterranean plateau.

The geology of eastern range is composed of gneiss, crystalline schist and granitic rocks which are believed to be Paleozoic in age. The width of the metamorphic zone in the eastern range is about 50 km. The recrystallization of these rocks is complete, but the grade of metamorphism is comparatively low and we can find porphyroblasts only in the western part of this zone. It is regarded that the metamorphic grade is less in the eastern part of this zone. The western part of this metamorphic zone is characterized by garnet, while the eastern part is characterized by epidote and in the eastern margin we can find non-metamorphic sedimentary formations.

The geological structure of this zone looks to be very simple, but the western part is occupied by older formations, then it is believed that the green chert formation which is the oldest in the region shows anticlinal structure.

Two granitic intrusives are known between Papallacta and Borja. These granitic masses show remarkable schistosity and are changed into biotite-quartz schist, so we cannot distinguish them from gneiss or schist in the field, but microscopically they have plenty of relics of granitic facies, represented by big crystals of biotite, plagioclase and microcline.

In the western margin of the metamorphic zone, amphibolite is known to develop. This facies is regarded to have been changed from pillow lava, and we can find variolite textures in it.

The peak of the eastern range is covered with thick Quaternary pyroclastic sediments, and we can find fragments of green chert in it, then it is believed that green chert formation develops beneath these sediments.

The stratigraphy of the eastern range in the geosynclinal age is explained to be as follows from the bottom: green chert, pillow lava and argillaceous sediments. Of these, the green chert is believed to have originated from diabasic tuff belonging to the initial magmatism in the geosynclinal basin, and this volcanism had changed to the activity of lava at the latest stage.

The geology of the western range is different from that of the eastern range. This orogenic zone is believed to belong to typical alpine orogeny, because, they are composed of Jura-Cretaceous thick formations and we cannot find metamorphic facies such as gneiss or schist, and the dioritic rocks or pillow lavas in this zone are more fresh than those of the eastern range.

The geologic structure of the western range is more simple than that of the eastern range, inclined to east strongly, and in the western margin of the zone, anticlinal structure of the pillow lava is known, then it may be illustrated that the western wing of the anticline develops beneath the Tertiary formations.

The western range is composed of pillow lava, low grade hornblende hornfels and diaba-

sic tuff and argillaceous sediments from the bottom, and we can find dioritic intrusions among the different facies. Between hornfels and diabasic tuff we can find serpentinite.

The activity of pillow lava in the district was repeated two or three times. The ore deposits of La Plata mine are related to the second activity of pillow lava.

The other ore deposits in this region are different from those of La Plata. The ore deposits of the Macuchi mine develop in Tertiary andesitic rocks. Although they develop in the formations of Tertiary, their geological situation is very near to the Jura-Cretaceous formations.

The ore deposits of La Plata described above are cupriferous iron sulphide deposit and associated copper-bearing pyrite veins, then we must distinguish two types of deposits. The former is sedimentary or replacement ore deposit and the latter is hydrothermal veins.

We shall be able to expect the possibilities of copper-bearing pyrite ore deposits along the contact between pillow lavas and slaty rocks in the foot area of the western range of Andes in Ecuador, especially on the zone of Sigchos-La Plata.

More fundamental problem of the ore deposits in Ecuador is that of the hydrothermal ore deposits in this zone. We know that these ore deposits develop in the zone of La Plata-La Macuchi-La Portovelo, but the components of ore are very different from each other.

Tertiary system develops in front of the western range. This system is constructed from formations of Eocene, Oligocene and Miocene, and are composed of sandy facies, muddy facies and conglomerates. In the western part of Chone, anticlinal axes develop, but in the other parts the formations lie horizontally. One of the problems is that the pebbles from the conglomerate are much diversified and this fact is very valuable to imagine the stage of disturbance of the metamorphic zone in the hinterland.

We can find many pebbles of biotite hornfels from the formation of Eocene, on the other hand, we cannot find such pebbles from the formations of Oligocene or Miocene.

Biotite hornfels has not been discovered in the western range of Andes in Ecuador, then it is believed that the pebbles of biotite hornfels have been derived from the eastern range. It is reasonable that the mediterranean plateau between these two ranges had not yet been formed in the age of Eocene.

The grand valley between two ranges is thus regarded to have begun appear in the stage of Oligocene.

We must touch upon the ore deposits in Ecuador. The important ore deposits are arranged along the foot of the western range of Andes. They are La Plata mine (Cu), Macuchi mine (Pb, Zn), and Portovelo mine (Au, Ag) from north. The geological positions of these ore deposits are shown in the profile, for example, the ore deposits of La Plata mine are situated between pillow lava and slaty rocks, however copper-bearing veins change to lead-zinc veins in the southern part, and in the southern border of Ecuador, these veins change to gold-silver veins. It is regarded that such variations owe to the depth of geological condition.

The writers want to clarify the geological environment of Andes in Ecuador on the line of La Macuchi mine and on the line of Portovelo mine.

It seems very important to compare the geological conditions in three points described above for the explanation of ore veins.

## 1. 緒言

エクアドルにおけるアンデス褶曲山脈は、東部山脈、西部山脈および両山脈にはさまれた中間盆地の 3 つから成立している。

東部山脈は片麻岩・結晶片岩・花崗岩等からなる変成帯であり、西部山脈は輝緑凝灰岩・蛇紋岩・閃緑岩・堆積岩類からなる不変成帯である。中間盆地は幅約 40km にわたる一大地溝帯で、ここは第四紀火山岩類の活動の舞台である。

上述の地質分帯は、すでに古く 1897 年にドイツの地質学者 Dr. T. Wolf によつて行なわれ、後年 (1950) 同じくドイツの地質学者 Dr. W. Sauer によつて、東部山脈は先カンブリア紀の造山帯であり、西部山脈はジュラ・白堊紀の堆積岩類からなるアルプス造山運動によるものであろうと推論されている。しかしながら、これらの造山帯に関する詳しい記載は行なわれるに至っていない。

筆者らはエクアドルにおけるアンデス褶曲山脈の構成岩類、地質構造を立体的に把握したいと考え、ひとまず太平洋岸の町 Bahia de Caraquez から首都の Quito を通過し、東部の町 Baeza, Borja に至る東西 300km にわたる横断的地質調査を行なつた。この線上には、La Plata 鉱山の銅鉱床も存するので、本鉱床の性状、位置づけを明らかにすることもあわせて行なつたので、これらの諸点についても報告する。

本調査は、エクアドル国立地質調査所所長の Edmundo Lanas 氏の深い理解と所員の協力をとえて行なわれた。この作業はエクアドル国立地質調査所所員に対する地質調査法の指導をかねたものである。

## 2. Papallacta-Borja 間 (東部山脈) の地質

Papallacta は Quito の東方直距離 78km にあり、海拔 3,000m の小部落である。アンデス東部山脈の変成帯はここから東方に向けて発達している。Papallacta の西部は厚い第四紀火山岩類によつて覆われているので、この火山岩類の下部にもこの変成帯はかくされているにちがいないが、その状態をみることはできない。Papallacta 以東の地域では河谷の侵食量が大きいため、安山岩類の下部に発達する変成岩類をみることができるといふわけである。

この変成帯は Baeza の付近から不変成の粘板岩層に移化して、変成岩類は Baeza のあたりで消滅するものと思われる。

筆者らは 1965 年の 1 月 8 日から約 1 週間、Papallacta-

Borja 間の地質調査を実施し、その後薄片の観察を行ない岩石の細分を試みた。

Papallacta-Borja 間には多種類の片状岩が発達するが、その走向は一定せず、かなり混乱している。全般的傾向としては南北であり、傾斜は一般に西側に 50° 前後である。さらに急斜する場合もあれば、水平の場合もあり、各所に背斜構造、向斜構造を繰返しているものとみられる。断層は数カ所にあり、ここにはしばしば石墨片岩が形成されており、同時に輝緑岩起源と思わしき角閃岩を伴っている。

変成岩類は一般に細粒で、野外で鉱物構成を決定するのはかなり困難である。薄片の観察を行なつた結果、この変成帯が西方から次のような岩相からなりたつていたことを知つた。

1. 柘榴石角閃石榴石石英片岩
2. 柘榴石白雲母緑泥石石英片岩
3. 角閃石白雲母榴石石英片岩
4. 緑簾石角閃石片麻岩
5. 緑簾石凝灰石角閃岩
6. 緑簾石緑泥石石英片岩
7. 黒雲母白雲母石英片岩
8. 絹雲母石墨石英片岩

以上のように西方の変成岩類は柘榴石で特徴づけられ、中央部では緑簾石で特徴づけられている。そして東部では両鉱物とも消失する。これら片岩類の原岩としては粘板岩類のほか輝緑岩・花崗岩を考慮することができ。このことは片岩類に残存する残晶によつて判別できる。つぎにこれらの変成岩類について若干の解説を試みよう。

## (1) 柘榴石角閃石榴石石英片岩

本岩石は野外で原岩を推定することが比較的容易である。すなわち巨晶の部分は原岩の残晶であり、細粒の部分は二次的に再結晶した部分である。巨晶の部分は透輝石・緑色角閃石・斜長石がヴァリオライト構造をなしており、枕状熔岩としての特徴を有している。一方細粒の部分は柘榴石・角閃石・榴石・石英からなりたち、柘榴石のみは比較的粗粒で 0.5mm を示すが、他は 0.1~0.05 mm の微晶である。したがつて本岩は枕状熔岩起源のもので、この変成帯の西端には地向斜期の初期岩漿活動が行なわれたものと推定できる。

## (2) 柘榴石白雲母緑泥石石英片岩

本岩石は上記の枕状熔岩中にとりこまれた岩片であり、全般に緻密で、白雲母が卓越している。そのほかに少量の緑泥石・方解石を伴うが、いずれも微細かつ縫合状の再結晶構造を示している。とくに緑泥石は黒雲母

から改変したものであり、枕状熔岩にとりこまれた岩片は粘板岩系統のものであろうと推察される。

(3) 角閃石白雲母柵石石英片岩

原岩はおそらく角閃石花崗岩と思われる。局所的に巨晶の曹長石・緑色角閃石(X=緑, Y=無色, Z=淡緑)を残存している。これら残存鉱物は多量の柵石・白雲母などによつて著しく汚染をうけている。再結晶した微晶の部分は0.2~0.3mmの等粒の石英とその粒間をうめる白雲母からできている。

(4) 緑簾石角閃石片麻岩

一般的に粗粒で、0.5mm以上の石英・斜長石・黒雲母からなり、細粒の緑簾石・燐灰石・柵石を伴っている。黒雲母はX=濃緑, Z=淡褐を示す。鉱物の配列の方向性はあまり顕著ではなく、粒度の点からみても片麻岩とした方が適当と思われる。

(5) 緑簾石燐灰石角閃岩

顕著な方向性を示し、長柱状の緑色角閃石(0.2×1mm)と、細粒の斜長石・白雲母・石英および緑簾石とからなっている。いずれも再結晶質で、原岩の残晶はほとんどみとめられない。斜長石はアルバイト式双晶で特徴づけられ、角閃石の軸色はX=無色, Z=緑である。b軸に平行する薄片がえられず、Yの軸色は測定できなかった。

(6) 緑簾石緑泥石石英片岩

緑簾石・緑泥石・石英・柵石・燐灰石および赤鉄鉱からなる。緑簾石は針状結晶で一定方向に配列する。緑泥石は復屈折やや高く、幾分ベンゼンを含有するものと思われる。本岩の1つの特徴は巨晶の斜長石を残存することであるが、その起源が何であるかはいまのところ明らかにすることができない。

(7) 黒雲母白雲母石英片岩

黒雲母・白雲母・斜長石・石英・滑石・絹雲母等からなる。このほかに巨晶の曹長石・黒雲母があり、これらは相互に共存し、かなり汚染を蒙っているため、本岩の原岩はおそらく黒雲母花崗岩ではないかと思われる。その他はすべて再結晶質の微晶であるが、しばしば撓曲構造を示しており、その部分に絹雲母が濃集している。絹雲母は他の二次変成鉱物と形成期を異にするものと思われる。

(8) 絹雲母石墨石英片岩

上記の諸片岩類が不変成岩に移行する部分にかなり大きい破碎帯を生じており、ここに多量の分泌的石英を含有する黒色緻密の珪質岩が発達している。この岩石は鏡下で絹雲母・石英・石墨の単調な組合せからなっており、粒度は0.1mmの等粒である。片岩とするよりはむしろ

しる庄砕岩とした方が適切であるかもしれない。

エクアドルにおける東部アンデス山脈は上記のような諸種の片岩類から構成されているが、アンデス中間盆地と東部山脈との境界付近の第四紀流紋岩中には多量の緑色のパッチを含有しており、このパッチは主として緑色珪岩である。この緑色珪岩は基盤岩層から持ち来たされたものであるが、その原岩はおそらく輝緑凝灰岩質の岩石であろうと思われる。したがって東部アンデス山脈はその西端部に輝緑凝灰岩・枕状熔岩などを大量にもたらしているわけで、ここは地角斜期における海盆の周辺相であると同時に堆積の層準としては深部相であつたとみることができる。この変成帯の東部が漸次変成度を減少している点とをあわせて考えるならば、この地層は逆転構造を有するものとみななければならぬ。見かけは単調であるけれども、実はきわめて複雑な地質構造からなり立っているということである。

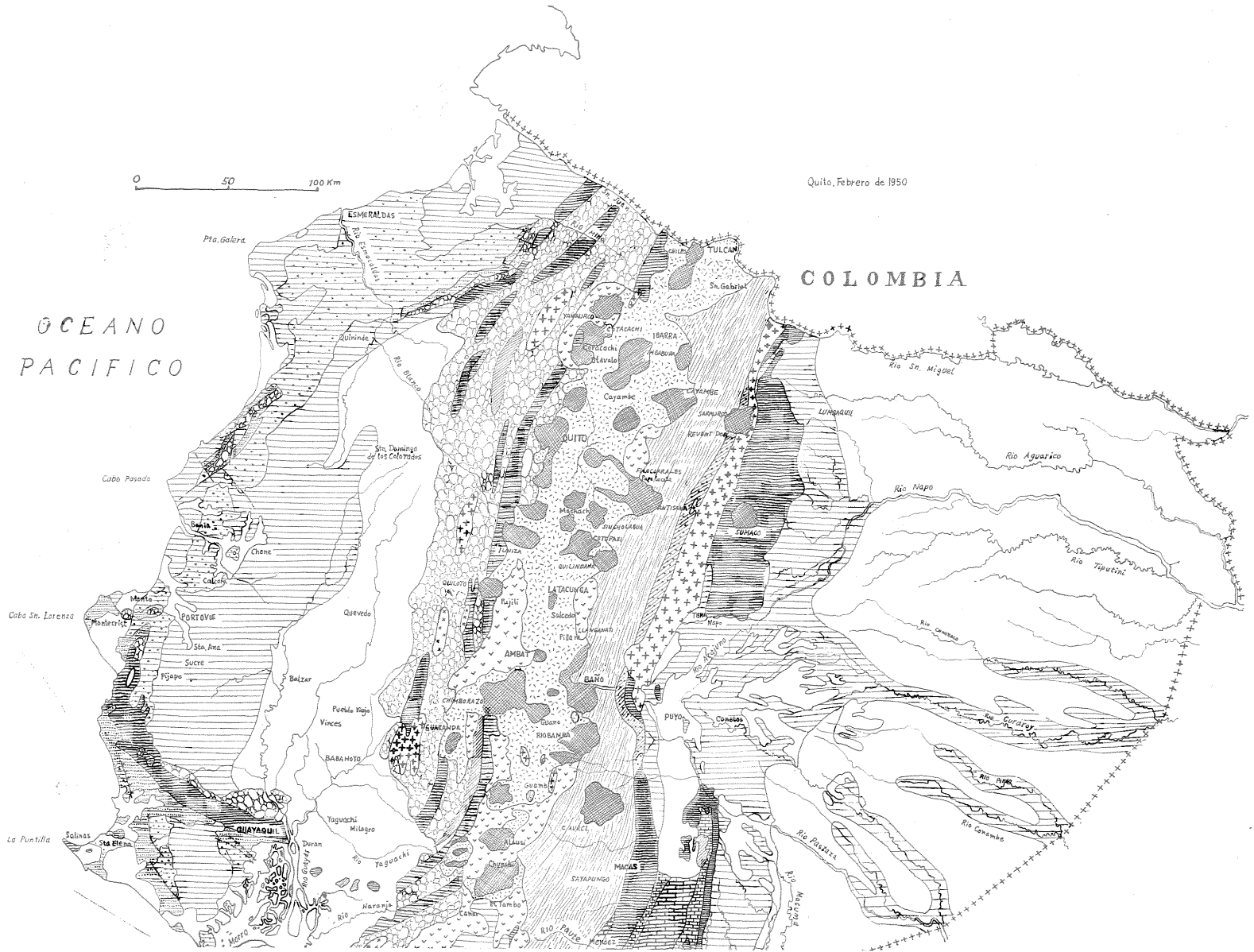
さて変成岩類の東方に広がる不変成岩はやや赤みを帯びた千枚岩で、ここから化石を発見することはできなかった。したがってその地質時代を明らかにすることはできなかったが、岩相からは日本の秋父古生層と似通つたところがあり、しいて先カンブリア紀とする必要もないように思われる。この点について Dr. Sauer に質したところ、博士も古生層の可能性は充分にありうることだと答えている。

いずれは“K-Ar Method”によつて変成帯の時期を決定しなくてはならぬであろう。

上記の変成帯の上部を広く覆っている第四紀火山岩は厚さ300mにも及び、大部分が玄武岩質安山岩からなっている。柱状節理が顕著であり、外観は黒色緻密である。鏡下では斑晶に普通輝石と斜長石とを少量有し、その大きさは0.2mmであり、普通輝石の消光角は30°程度を示す。石基は斜長石と少量の玉髄質石英・チタン鉄鉱等からなり、斜長石は針状に近い。本岩の分布範囲はきわめて広大であるが、相変化に乏しい。

### 3. Aloag-Santo Domingo 間 (西部山脈) の地質

Aloag は Quito の南方約35kmの小部落である。ここから道路を西方にとれば約90kmで Santo-Domingo に達する。この道路は西部山脈を横断している新道である。このほか Quito から直接 Santo-Domingo に向かう旧道がある。この道路は新道の北側を山腹にそつて走っているため、曲りが多く所要時間も新道の倍である。筆者らは新旧両道にそつて踏査したが、露岩の種類は幾分異なっている。旧道には蛇紋岩が露出しているが、新



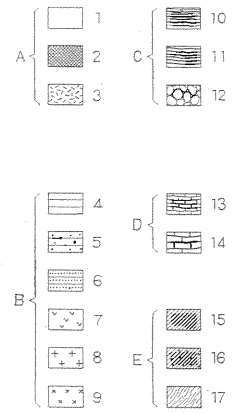
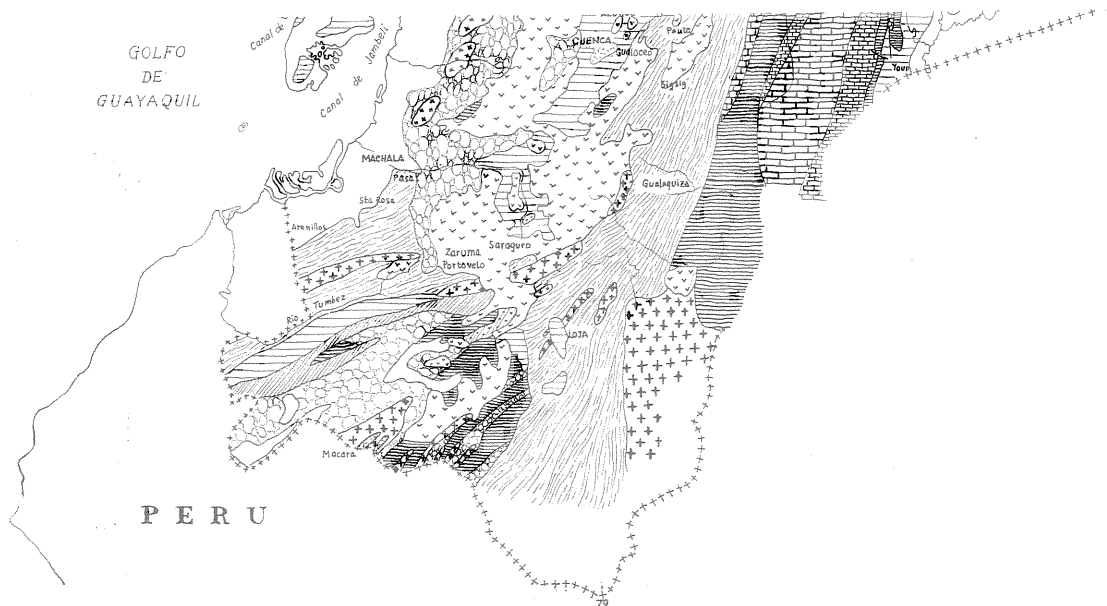


Fig. 1 Mapa Geologico del Ecuador por el Dr. Walter Sauer  
(Geological Map of Ecuador by Dr. Walter Sauer)

- |  |  |
|--|--|
| 1. Sedimentos terrestres (Terrigenous deposits)  | 2. Basalto, Andesita (Basalt, andesite)  |
| 3. Sedimentos piroclasticas (Pyroclastic deposits)                                       | 4. Plioceno-Mioceno marino (Marine deposits of Plio-Miocene)   |
| 5. Oligoceno marino (Marine deposits of Oligocene)                                       | 6. Eoceno marino (Marine deposits of Eocene)   |
| 7. Rocas volcanicas pliocenicas (Volcanic rocks of Pliocene)                             | 8. Granito, Grandiorita (Granite, granodiorite)  |
| 9. Diorita (Diorite)   |  |
| 10. Sedimentos marinos del cretaco superior (Marine deposits of upper Cretaceous)        |  |
| 11. Sedimentos marinos del cretaco inferior (Marine deposits of lower Cretaceous)        |  |
| 12. Diabasas, Porfiritas (Diabase, porphyrite)   | 13. Calizas del jurasico superior (Limestone of upper Jurassic)  |
| 14. Calizas del jurasico inferior (Limestone of lower Jurassic)                          | 15. Sedimentos marinos del Carbonifero-pre-Carboniferous<br>(Marine deposits of Carboniferous-pre-Carboniferous) |
| 16. Rocas semi metamorficas (Edad no determinada) (Semi metamorphic rocks (Era unknown)) |  |
| 17. Rocas metamorficas del precambrica (Metamorphic rocks of pre-Cambrian)               |  |
- A. CUATERNARIO (Quaternary)    B. TERCARIO (Tertiary)  
C. CRETACICO (Cretaceous)    D. JURASICO (Jurassic)    E. PALEOZOICO-PRECAMBRICA (Paleozoic-pre-Cambrian)

道にはこれをみないといつた具合である。そこで付図には新道のルートマップを採用し、断面図には両道の地質要素を加えることにした。踏査図と断面図との間に 2, 3 のずれがあるのは上記のようないきさつがあることによる。また断面図には鉱床の位置が記入されているが、この鉱床は La Palma の南方 20km にある La Plata 鉱山の銅鉱床をプロットしたものである。

さて Aloat-Santo Domingo 間の地質は粘板岩・輝緑凝灰岩および種々の火成岩類から構成され、東へ傾斜する単斜構造を示している。いまのところ化石がみとめられないので、時代を決定するわけにはゆかないが、岩質からはジュラ紀ないし白堊紀の地層であろうと推察される。

この地層は下方から枕状熔岩・ホルンフェルス・輝緑凝灰岩・砂岩泥岩礫岩互層となっており、ホルンフェルスと輝緑凝灰岩層との間に蛇紋岩の侵入をみる。そして蛇紋岩体の東西両側に閃緑岩が発達している。このほか断層、破碎帯にそつていたるところに玢岩ないし輝緑岩岩脈、まれに安山岩が侵入している。

上記の各岩石について岩質の概略をつぎに述べる。

### 3.1 堆積岩および変成岩

#### (1) ホルンフェルス

Tandapi の西方に厚い地層が発達する。本層は San Antonio の付近から角閃石ホルンフェルスに移行する。このホルンフェルスは 0.1mm の細粒の緑色角閃石と粒状の石英との組合せで、黒雲母を欠く。角閃石は X = 緑, Y = 黄, Z = 無色の多色性を示す。本層中いたるところに断層や破碎帯があり、ここに圧砕岩が形成され、かつ輝緑岩質玢岩を伴っている。

#### (2) 圧砕岩

San Antonio の西方に発達する圧砕岩は閃緑岩を原岩とするもののようで、この変成相中にやや多量の閃緑岩の残晶がみとめられる。圧砕岩の鉱物構成は斜長石・緑泥石および石英で、とくに石英は微粒の再結晶質のもので粒状組織を示している。

#### (3) 輝緑凝灰岩層および泥岩層

本層は Tandapi の東方に発達し、泥岩と輝緑凝灰岩とが互層をなす。後者は普通 10~20m の層厚を示しており、泥岩が卓越している。輝緑凝灰岩は淡緑色を示し多様性があるが、下部においては堆積相としての特徴を示し、上部においては漸次輝緑岩質の熔岩あるいは角礫質となり、噴出相を示すに至る。

### 3.2 火成岩類

#### (1) 枕状熔岩

枕状熔岩は La Palma の西方に発達する。本岩の分

布範囲はきわめて広く、さらに西方の Santo-Domingo までのびている。Santo-Domingo 以西においては本層の上部に厚い第四紀堆積物が発達しているもので、ここでは直接枕状熔岩を観察することはできないが、熔岩は背斜構造を示している可能性があるため、熔岩の西翼がさらに下方にのびているものと考えられる。枕状熔岩の枕の大きさは通常 50~70cm で一般に緑泥石化を蒙っている。また枕と枕との間隙には白~淡紅色の特殊な岩石が介在している。

鏡下では枕状熔岩は透輝石・緑泥石および曹長石からなり、顕著なヴェリオライト構造を有する。一方間隙を充填している白~紅色の物質はゼオライトと微粒の石英とからなっている。

#### (2) 閃緑岩

閃緑岩には Tandapi の東方に発達するものと西方に発達するものがある。いずれもほぼ同質で、鉱物構成は黒雲母・緑色角閃石・斜長石および石英からなり、通常斜長石の斑晶によつて斑状構造を示している。斑状の斜長石は累帯構造を有し、外側がより酸性になつている。黒雲母、角閃石の量はともに少ない。

またきわめてまれに榍石・緑簾石を伴うことがある。

#### (3) 蛇紋岩および分化脈岩

Santo-Domingo, Quito 間の旧道にそつて巨大な蛇紋岩体が発達している。本岩はやや多量の分化脈岩を伴つており、その岩質は斑縞岩質である。

蛇紋岩は鏡下で篩状構造を示し、温板石と少量の橄欖石の残晶とからなっている。橄欖石は  $2V=90^\circ$  を示し、Mg 組成に富むものである。まれにクロム鉄鉱を含有したり、緑泥石化をうけている部分もみとめられる。

分化脈岩は角閃石・斜長石からなる斑縞岩で、粒度は 2mm 前後である。この角閃石は

X = 淡緑, Y = 無色, Z = 無色の多色性を示す。

#### (4) 輝緑岩岩脈および玢岩

Santo-Domingo と Aloat の間にはきわめて多数の輝緑岩質ないし玢岩質の岩脈が発達している。西部に発達するものは主として輝緑岩岩脈であり、東方地域では玢岩質となつている。通常これらの岩脈は南北方向に貫入し、東方へ傾斜している。西方の輝緑岩岩脈はいわゆる輝緑岩構造を示すが、東方のものは斑状斜長石が目立つ。この斑晶は 2~3mm の大きさである。一般にこれらの斑晶は絹雲母によつて汚染されている。石基部は角閃石・斜長石・石英からなっている。この角閃石は次のような軸色を有する。

X = 緑, Y = 帯黄緑, Z = 黄

結晶周辺に緑泥石化が顕著である。

4. Bahia de Caraquez-Porto Ila 間  
(海岸平野)の地質

著者らは1964年の10月21日から約10日間、さらに1965年の1月27日から1週間、海岸の町 Bahia de Caraquez から Porto Ila までの約150kmの間の地質調査を実施した。ここはエクアドル中部におけるアンデス山脈西側に広がる一大平野である。

この地域の一部の地質調査は1957年に、California Ecuador Petrol. Co. によつて行なわれており、Chone 北部地域の地質図(10万分の1)ができています。

さて Chone 川付近、とくに川の北方には第四系が広く発達しているために、その下方に発達する第三系を直接みるのが困難の状態にある。しかし川の南岸では比較的容易に第三系の地層をみる事ができる。われわれは、これを東西系の断層が流路にそつて発達しているためと考え、ここに断層を推定している。この第三系は、Eocene, Oligocene および Miocene の地層からなりたっている。われわれは岩質に基づいて、Oligocene の地層を下方から O<sub>I</sub>, O<sub>II</sub>, O<sub>III</sub> にわけ、Miocene の地層を同様に M<sub>I</sub>, M<sub>II</sub> にわけることとした。

O<sub>I</sub> は石灰質の砂岩を主とし、O<sub>II</sub> は暗灰色泥岩を主とし、O<sub>III</sub> は炭酸質の硬い泥岩からなっている。M<sub>I</sub> は粗しようの砂岩からなり、M<sub>II</sub> は淡灰色泥岩である。これらの地層は整合的に累重し、5~10°のわずかな傾斜を有する。Rio-Mosquito 付近でほとんど水平になり、ここにほぼ南北性の背斜軸が存するものと推定される。

一般に泥岩層は化石にとみ、また菱鉄鉱質の団球を含有している。

第四系は海岸線から内陸にかけて段丘をつくつて発達し、海岸付近で50~70mで面をつくり、内陸で100mに達している。この地域での段丘面ははつきりしていないので、標高によつて段丘を区分することはやや困難である。

第四系堆積物は粗粒の砂層を主としており、その中にしばしば石灰質団球を介在している。そのほか火山灰層、泥層などがあるが、一般に偽層の発達が顕著で、海成の堆積物とみることが出来る。

第三系は El Paramo の丘で上昇し、Eocene の地層が直接観察できるようになる。それより以東では平坦な地形が Porto-Ila まで続き、旧洪積統(第四系最下部)と思われる地層がほぼ水平に発達する。この平野は深い谷できざまれている部分があり、ここに第三系 Oligocene の泥岩をみる事が出来る。

第1表 Rio-Chone 付近の第三系の層序

	岩 質	産 状	層 厚
Miocene	M <sub>II</sub> 淡灰色泥岩 化石に乏しい	玉ねぎ状構造を特徴とし、破砕帯にとむ。 この破砕帯にそつて石膏の細脈を伴なう	60~70m
	M <sub>I</sub> 粗しよう砂岩	偽層にとむ砂粒の大きさが1mmまたはそれ以下	50~60m
Oligocene	O <sub>III</sub> 炭酸質塊状の泥岩 淡灰色ないし帯緑暗灰色を呈す	化石床にとむ、鏡下ではしばしば珪藻がみとめられ、団球にとむ、とくにその産出は上部に顕著	?
	O <sub>II</sub> 暗緑色泥岩 不規則なわれ目にとむ	破砕帯多く、破砕帯にそつて珪化作用が強い	m 100~150
	O <sub>I</sub> 炭酸質砂岩、一般に塊状でラミナがない	小さい丘をつくつて突起する	50~60m
Eocene	E 泥岩と砂岩の互層からなり、砂岩部にはノジュールを産する		?

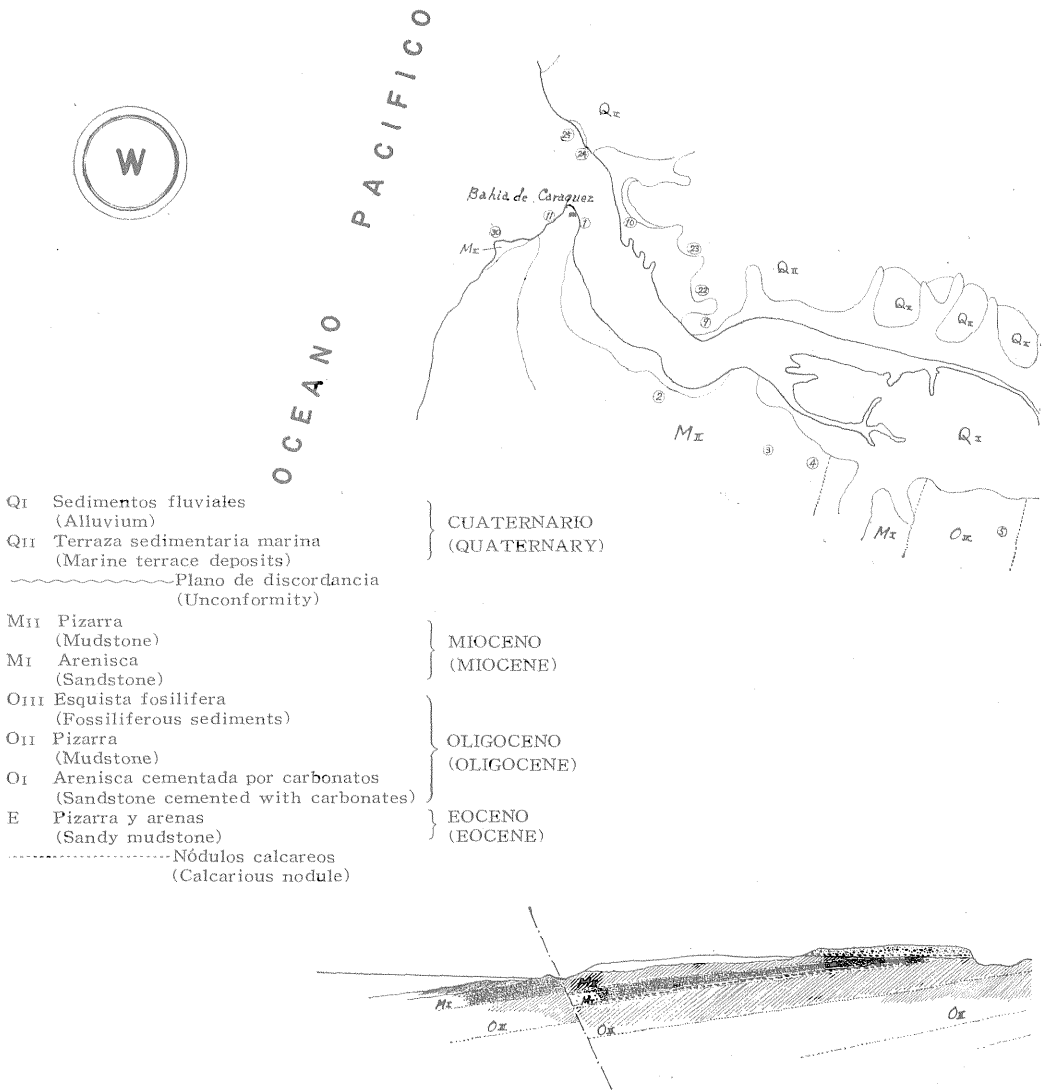
旧洪積統は砂、粘土、火山灰などからなり、まれに礫層を介在しているが、砂相がもつとも卓越する。

さて、われわれは第三系 Eocene から第四系旧洪積統に至る一連の新生代の地層を観察してきたが、いずれの地層中からも礫をみいだす事ができた。その礫や堆積物を構成する破砕片に示されるところでは、Eocene の地層からはホルンフェルスの礫や黒雲母、褐色角閃石などがみいだされた。これらの岩石鉱物は、いずれも背後のアンデス山脈に由来するものであるが、上記の岩石鉱物は東部山脈に特徴的に存するもので、西部山脈から持ち来たされたものとは思われない。したがつて Eocene 期には東部山脈と西部山脈とは密着して同一の山脈を構成していたものと推定される。ところが Oligocene の地層には漸次緑泥石、緑色角閃石等が卓越し、黒雲母、褐色角閃石は漸減の傾向を示す。

現在みられるアンデスの地形は東部山脈と西部山脈との間に広大な中間盆地があり、東部山脈を構成する岩石は、西部山脈をへだてた第三紀の海には到底達することができないわけで、この堆積相の変化から次のように結論することができる。

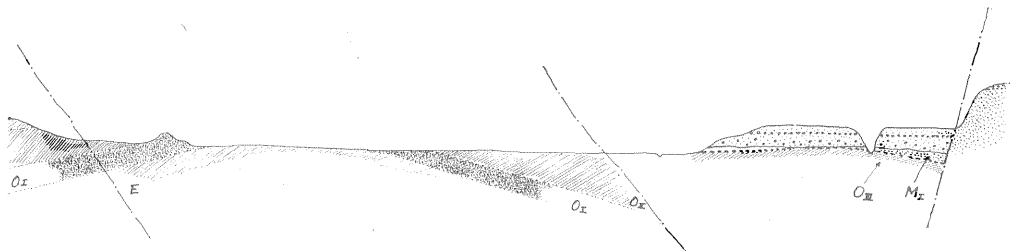
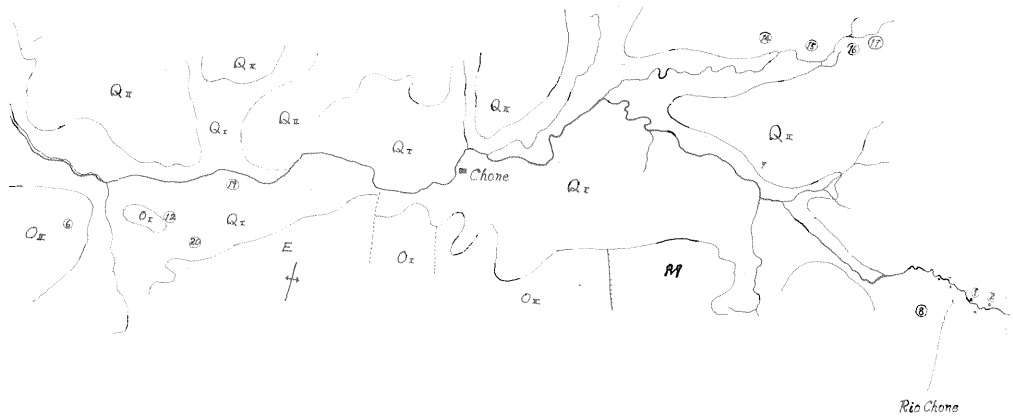
Eocene 期にはアンデス中間盆地はまだ形成されず、アンデス山脈はその頂部が片麻岩、ホルンフェルス等の変成岩類によつて構成され、その西側にスラストを境として、輝緑岩・輝緑凝灰岩を主体とするジュラ白堊紀層が接していたものと思われる。その時期に頂部からこれ



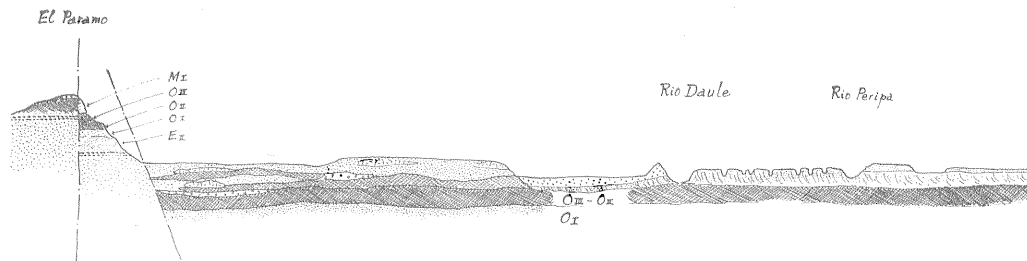
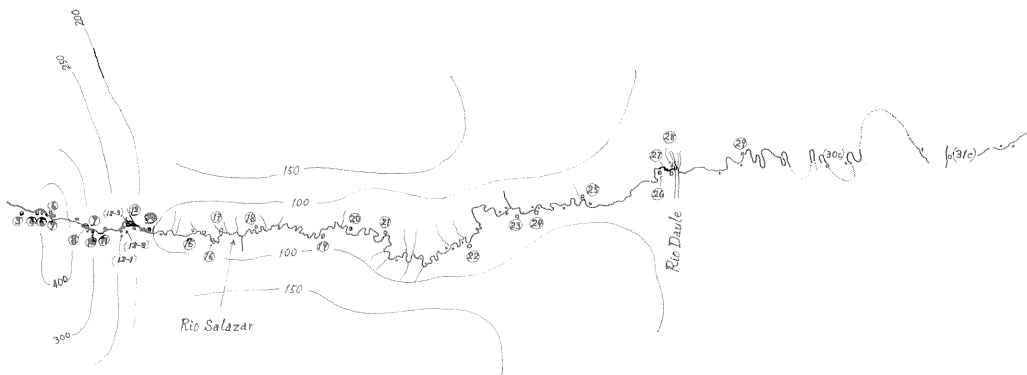
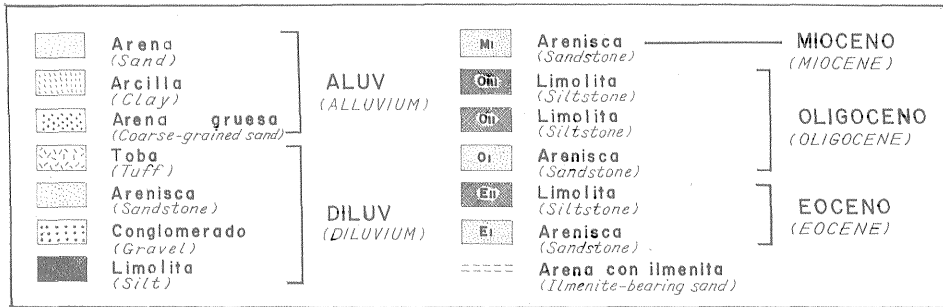


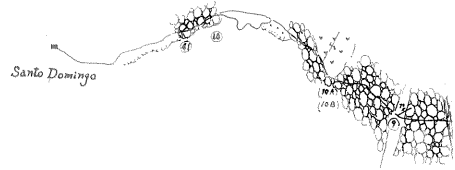
BAHIA - PUERTO ILA

( PROYECTO DE CARRETERA )

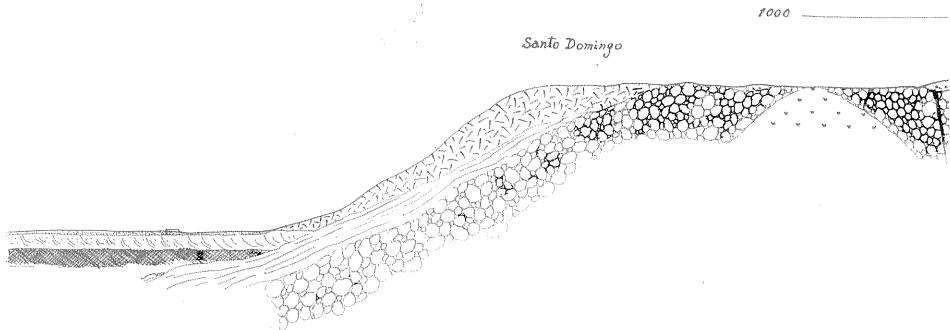


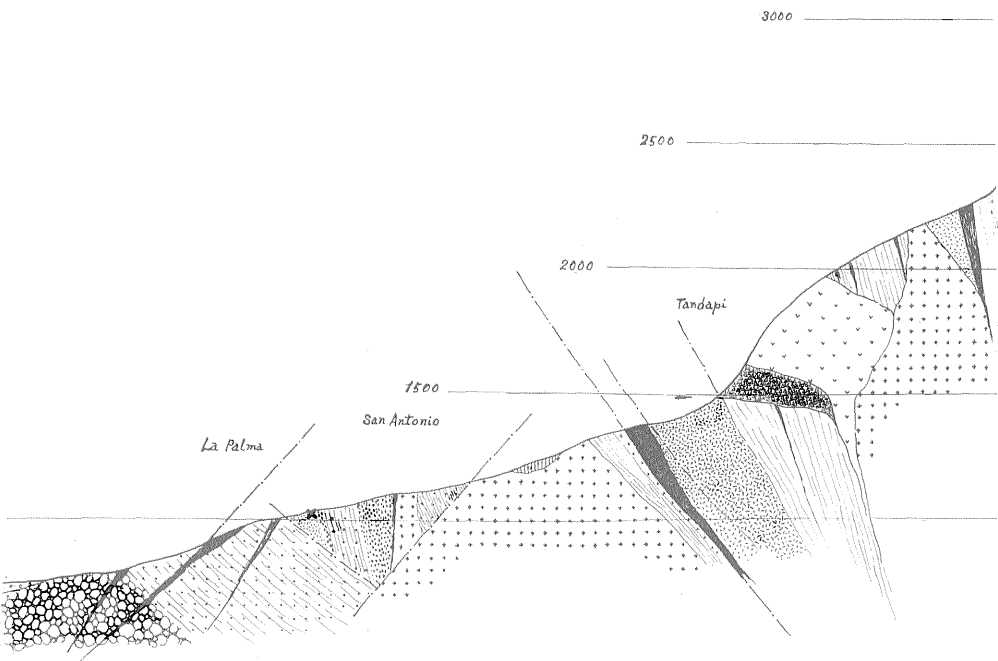
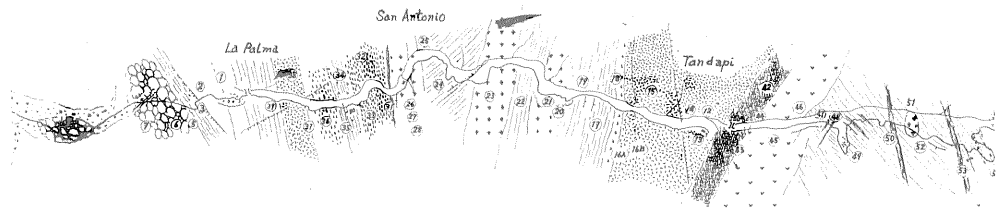
los Andes Ecuatorianos  
of Andes in Ecuador)

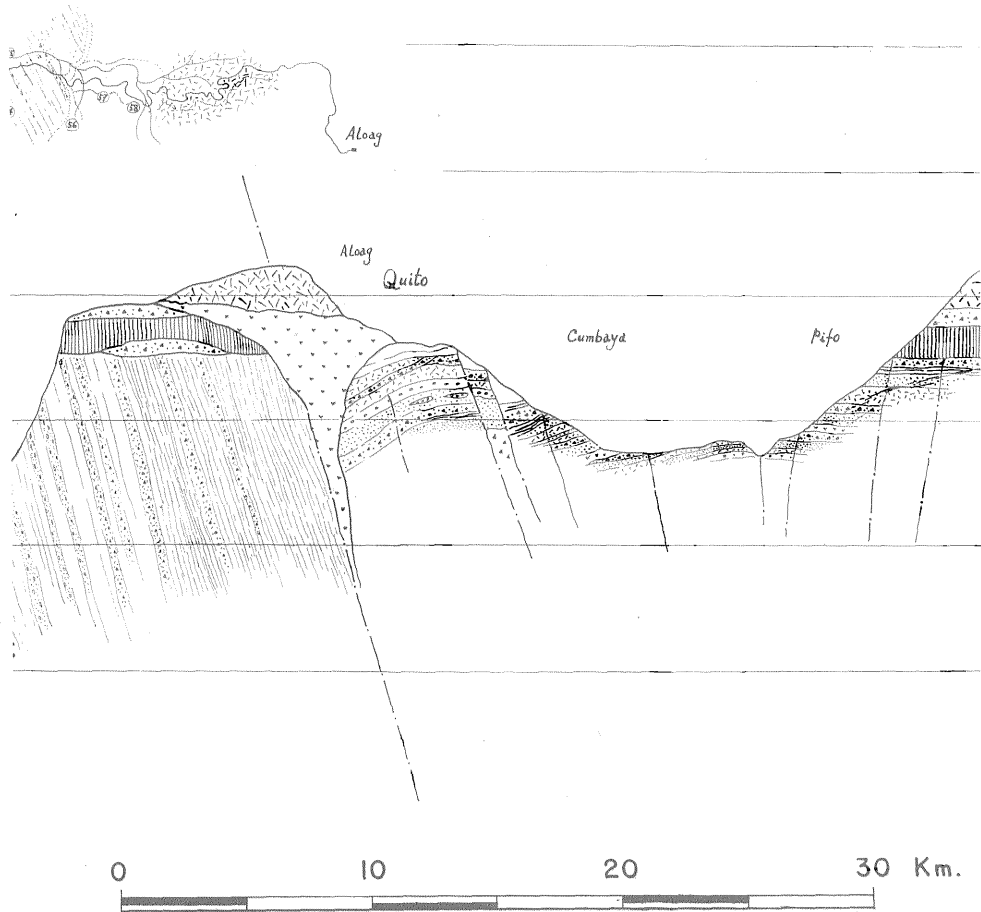
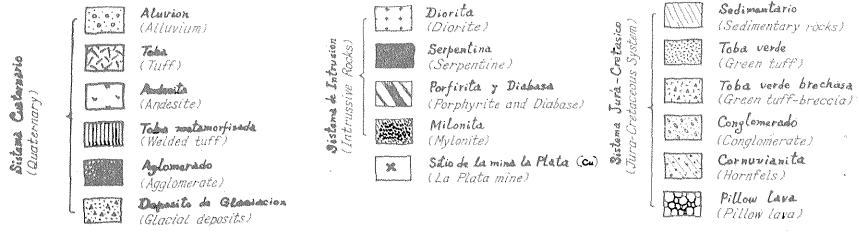
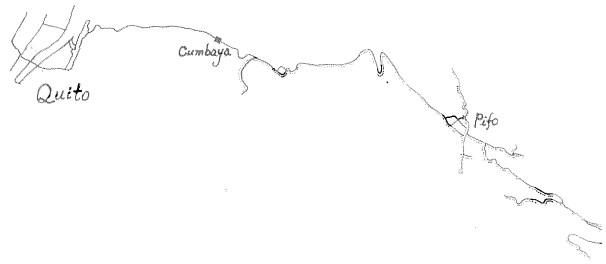




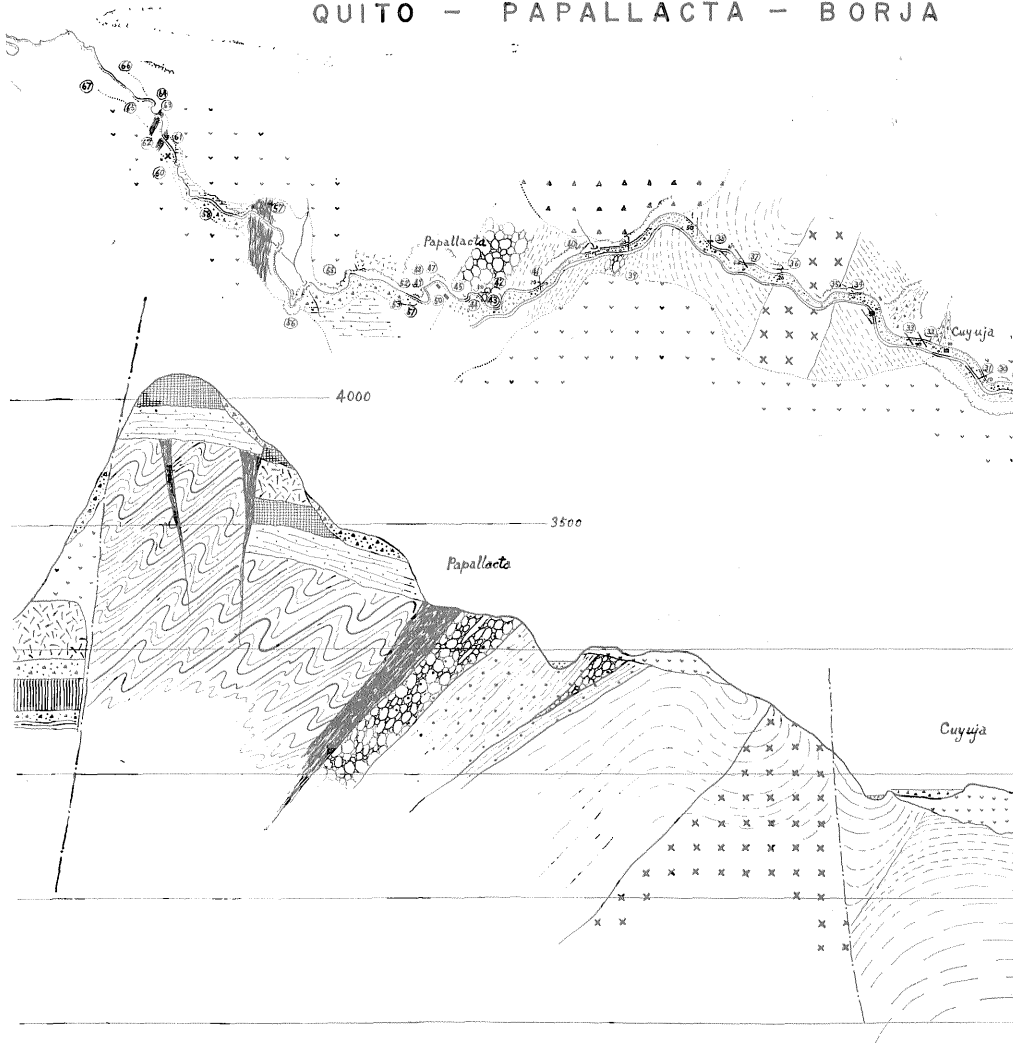
### SANTO DOMINGO - QUITO







QUITO - PAPALLACTA - BORJA



Sistema Cuaternario  
(Quaternary)

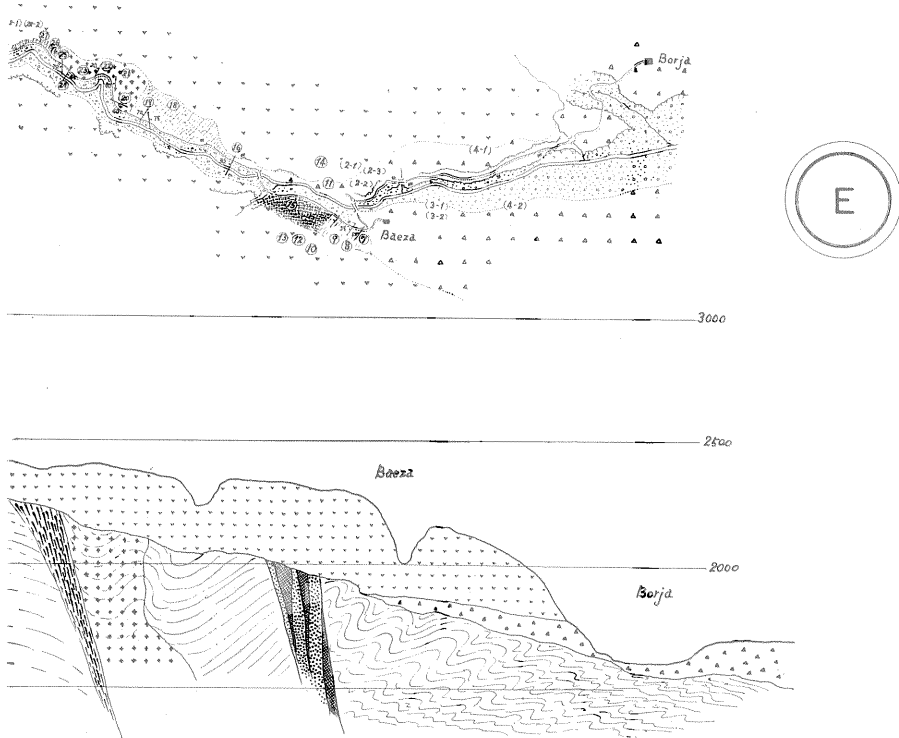
- Terraza Fluvial  
(Fluvial deposits)
- Sedimentos Aluviales  
(Alluvial deposits)
- Basalto de dos Piróclenos  
(Two pyroclenic basalt)
- Cenizas Volcánicas  
(Volcanic ejecta)

Sistema  
Metamórfico Granítico  
(Metamorphic system)

- Esquistos granatíferos  
(Garnet schist)
- Esquistos Epidota  
(Epidote schist)
- Chert verde  
(Green chert)
- Granito Biotítico  
(Biotite granite)
- Granito de Epidota  
(Epidote granite)

Sistema  
Pacas Verdes  
(Green rock system)

- Diabasa  
(Diabase)
- Anfibolitas  
(Amphibolite)
- Milonitas  
(Mylonite)
- Pillow Lava y Esquistos verdes  
(Pillow lava and green schist)
- Arcillas no Metamorfizadas  
(Non-metamorphosed slate)





らの変成岩類が西側の第三紀の海に運搬されたにちがいない。そして Oligocene 末期から Miocene 期にかけてスラストは次第にその幅員を増大し、古い褶曲山脈と新しい褶曲山脈とは分離され、その間に一大地溝帯を形成するに至り、そこは第四紀の堆積物、噴出物によって充填され、現在のアンデス中間盆地を形成したものと解釈することができる。

以上の解釈はアンデス山脈の前面に横たわる第三系の吟味によってえられたものである。

5. La Plata 鉱山の銅鉱床について

エクアドルのアンデス山脈中の金属鉱床は西部アンデスの山麓に集中している。La Plata 鉱山の銅鉱床はその一つであり、エクアドルにおいては最北部の鉱床である。この鉱床について1964年の9月7日から約1週間にわたり調査を行なったので、その概要を報告しておく。

鉱山は Pichincha 州 Toachi 川の上流に位置し、Quito から Toachi までは自動車道路が通じているが、Toachi 部落から鉱山までの約18kmは馬または徒歩によらなければならない。その間の道路はきわめて悪く、各所で補修を行なう必要がある。

本鉱床は20年ほど以前に合衆国の Cotopaxi 開発株式会社によって探鉱が行なわれ、約300mに及ぶ坑道開さくと、山元までの道路が開通した。そして2,3の富鉱部を当てはいるが、交通不便の点と富鉱部の規模の小さいこととで放置された。その後この鉱区はエクアドル政府の所有となったが、1964年に至つて政府はこの鉱山の再開を計画し、カナダの鉱山会社と探鉱契約を行ない、カナダの資本が投下されて、最近坑道のとりあけ宿舍の整備等が行なわれ、現在鉱山長以下12名の人員で探鉱中である。

5.1 鉱山地域の地質について

ここは中生層の粘板岩と輝緑岩質の緑色岩とからなりたち、後者が卓越する。そしてこの緑色系統の岩石は3つの相に類別できる。1つは輝緑岩質凝灰岩で、この相がもつとも広い範囲を占めている。第2の相は玢岩質の侵入輝緑岩であり、第3の相は斜長石がやや規則正しく配列するスピライトである。そしてこの第3の相が一般的に鉱床の下盤をなす。

上記の3つの相は複雑にいりくみ、規則性を示さない。それは断層または破碎構造によるものと思われる。

粘板岩の一般走向はほぼ東西である。一方緑色系統の岩石は層理あるいは片理を示さず、節理系が卓越する。輝緑岩質凝灰岩の節理は N50°W のものが特徴的であ

り、スピライトの節理は N10°E、侵入性輝緑岩は東西方向の節理でそれぞれ特徴づけられている。

鉱化帯に入ると小さい断層あるいは破碎裂カが目立つ

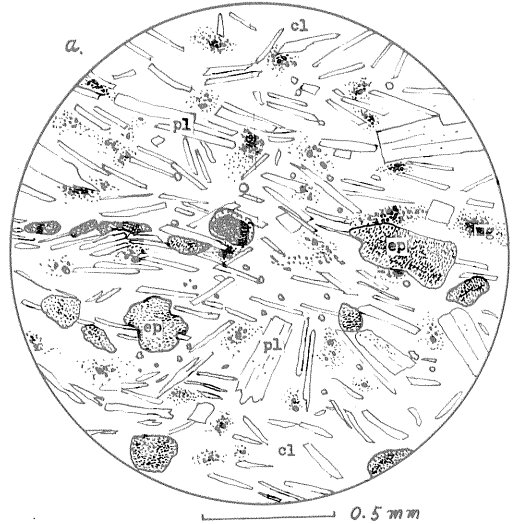


Fig. 3 a Micrografia sobre la mina "La Plata" (1) Spilita: hay estructura fluidal de plagioclasas. Todas las plagioclasas son albitas. Las augitas se alteran a cloritas.  
 pl : plagioclasas, cl : clorita, ep : epidota, ca : calcita, mg : magnetita.  
 (Spilite: showing fluidal structure of plagioclase. Plagioclase has been replaced by albite, and augite has been replaced by chlorite.  
 pl : plagioclase, cl : chlorite, ep : epidote, ca : calcite, mg : magnetite.)



Fig. 3 b Diabasa intrusiva; estructura ofítica de plagioclase y augita, muy fresco.  
 aug : augita, pl : plagioclase, cl : clorita.  
 (Intrusive diabase: showing ophitic texture by augite and plagioclase in fresh state.  
 aug : augite, pl : plagioclase, cl : chlorite.)

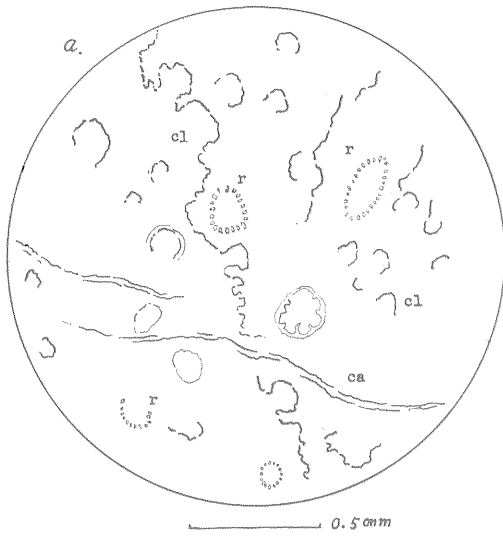


Fig. 4 a Micrografia sobre la mina "La Plata" (2)  
Pizarra que está sobre yacimientos.  
r : radiolaria, cl : clorita, ca : calcita,  
otras : materiales sedimentarios.  
(Slate in hanging wall of the ore deposit,  
r : radiolaria, cl : chlorite, ca : calcite,  
others : sedimentary grains.)

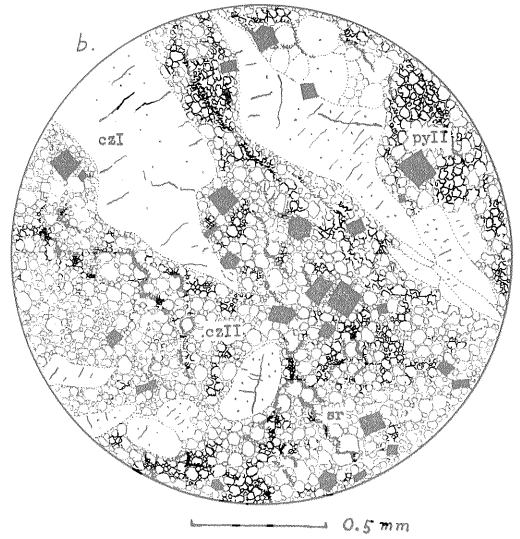


Fig. 4 b Roca blanco-gris que tiene pirita, sericita y cuarzo sobre la "Falla I".  
Py II : pirita II, sr : sericita, cz I : cuarzo primario, cz II : cuarzo secundario.  
(Pyrite bearing sericite quartz rock developed along the "fault I".  
py II : pyrite II, sr : sericite, cz I : primary quartz, cz II : secondary quartz.)

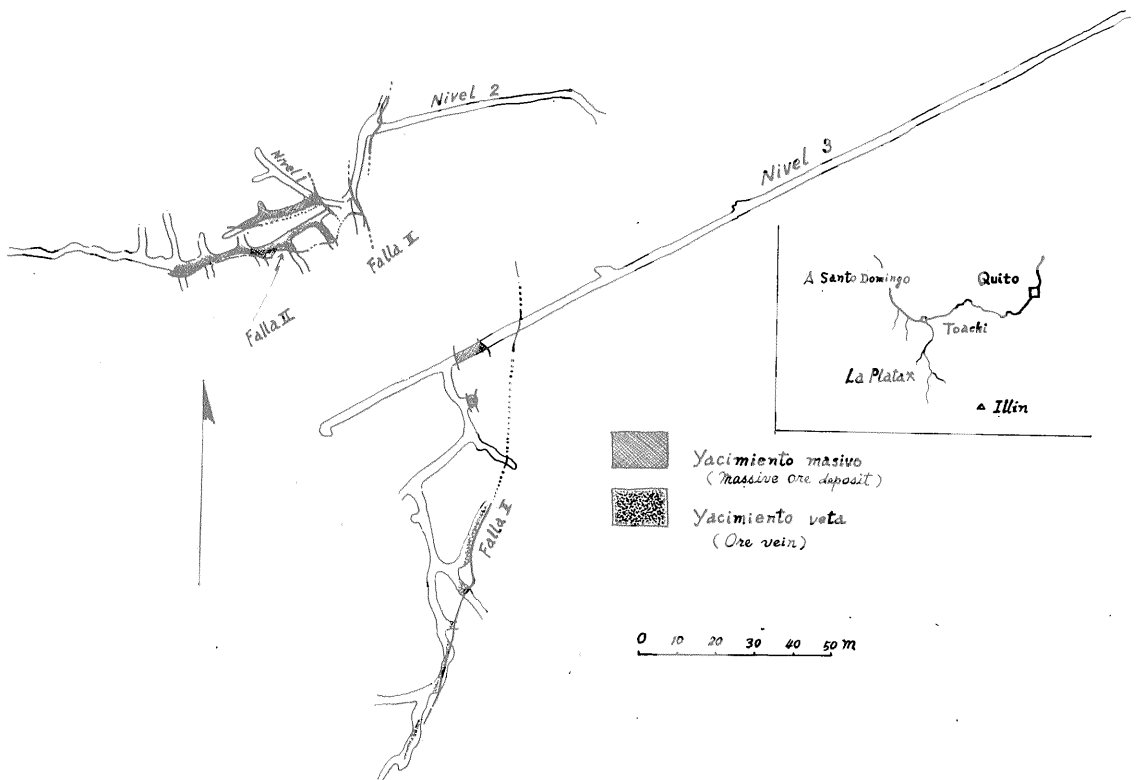


Fig. 5 Relacion entre niveles 1, 2 y 3 en la mina "La Plata"  
(Relation between three pits in the Plata mine)

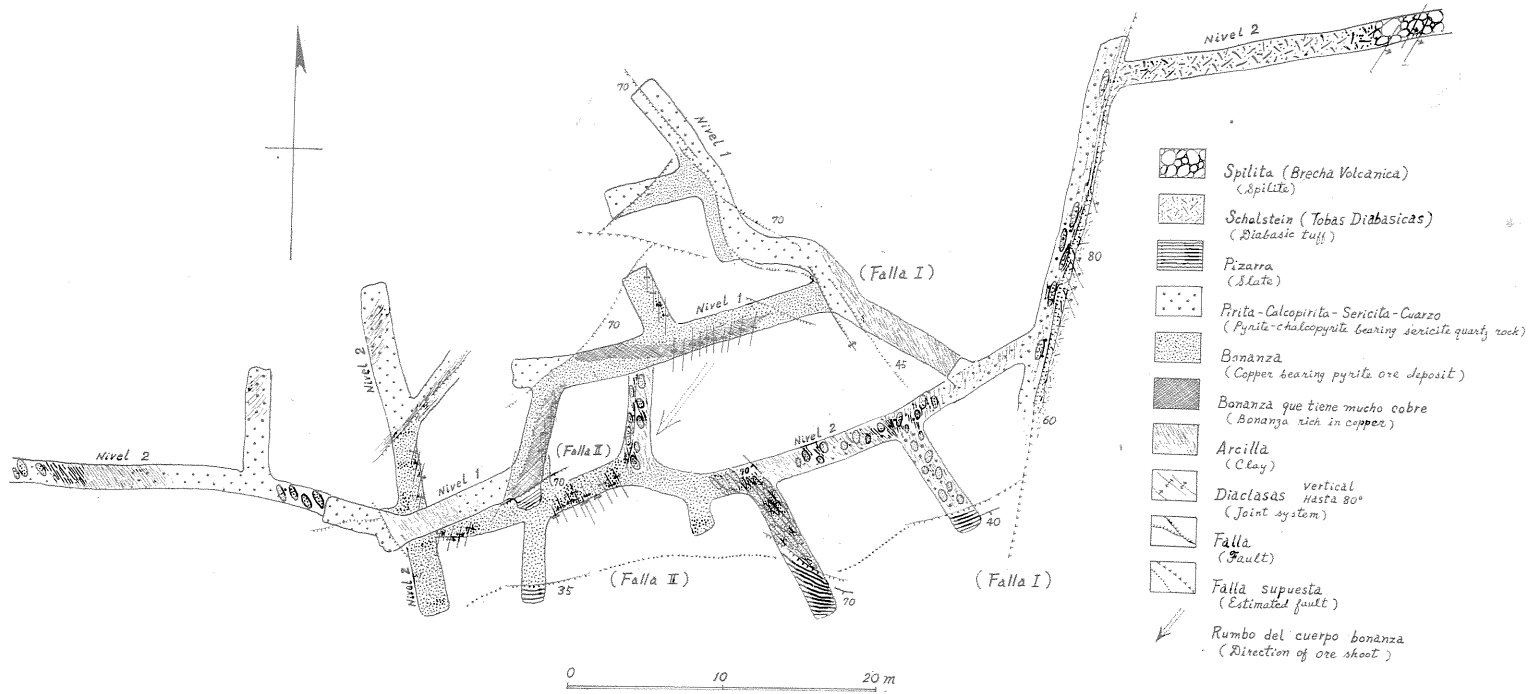


Fig. 6 Mapa geológico de los galerías (Nivel 1, Nivel 2) de la mina "La Plata"  
 (Underground map of the Plata mine, showing geology and form of the  
 deposits at the levels of 1 and 2)

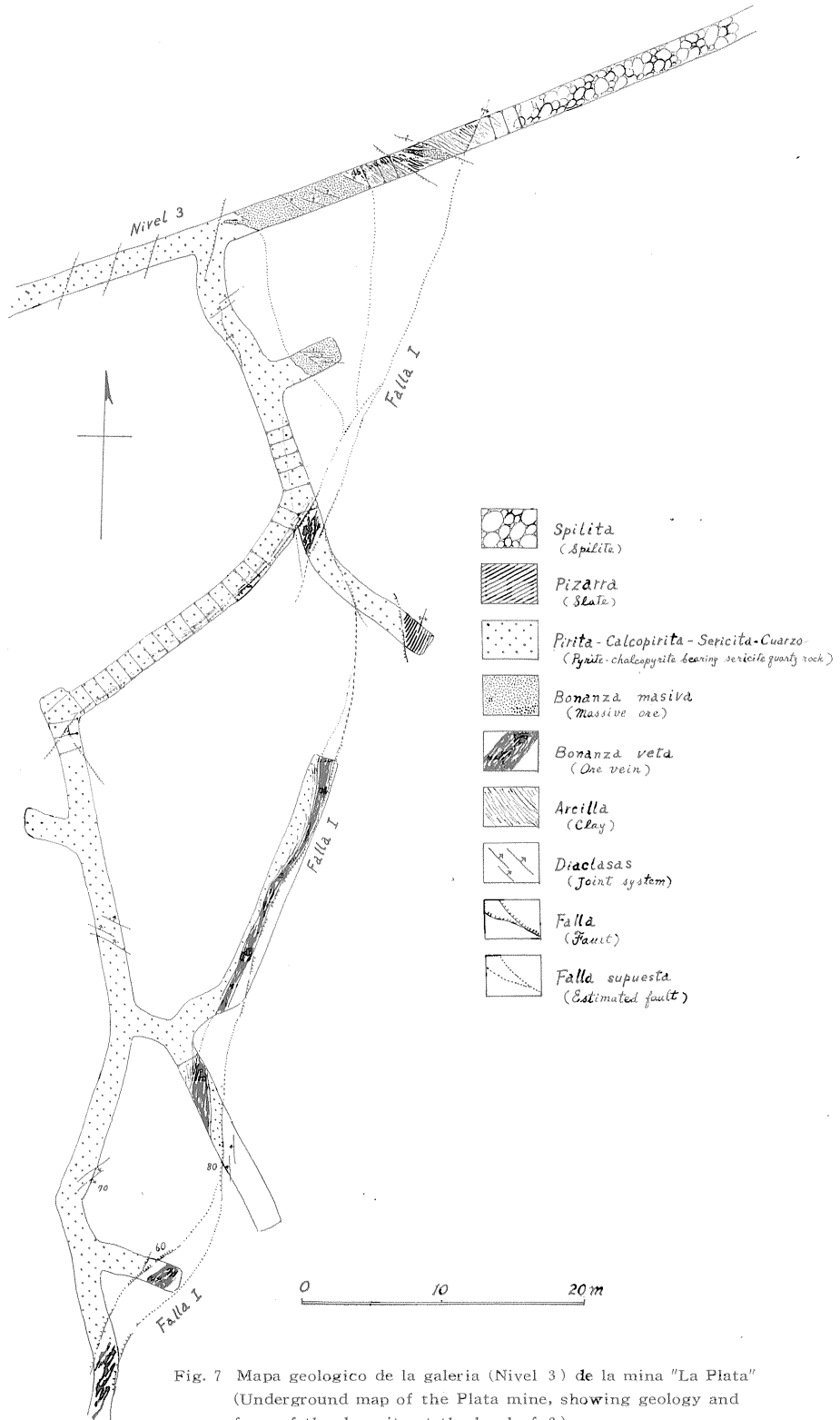


Fig. 7 Mapa geologico de la galeria (Nivel 3) de la mina "La Plata"  
(Underground map of the Plata mine, showing geology and form of the deposits at the level of 3)

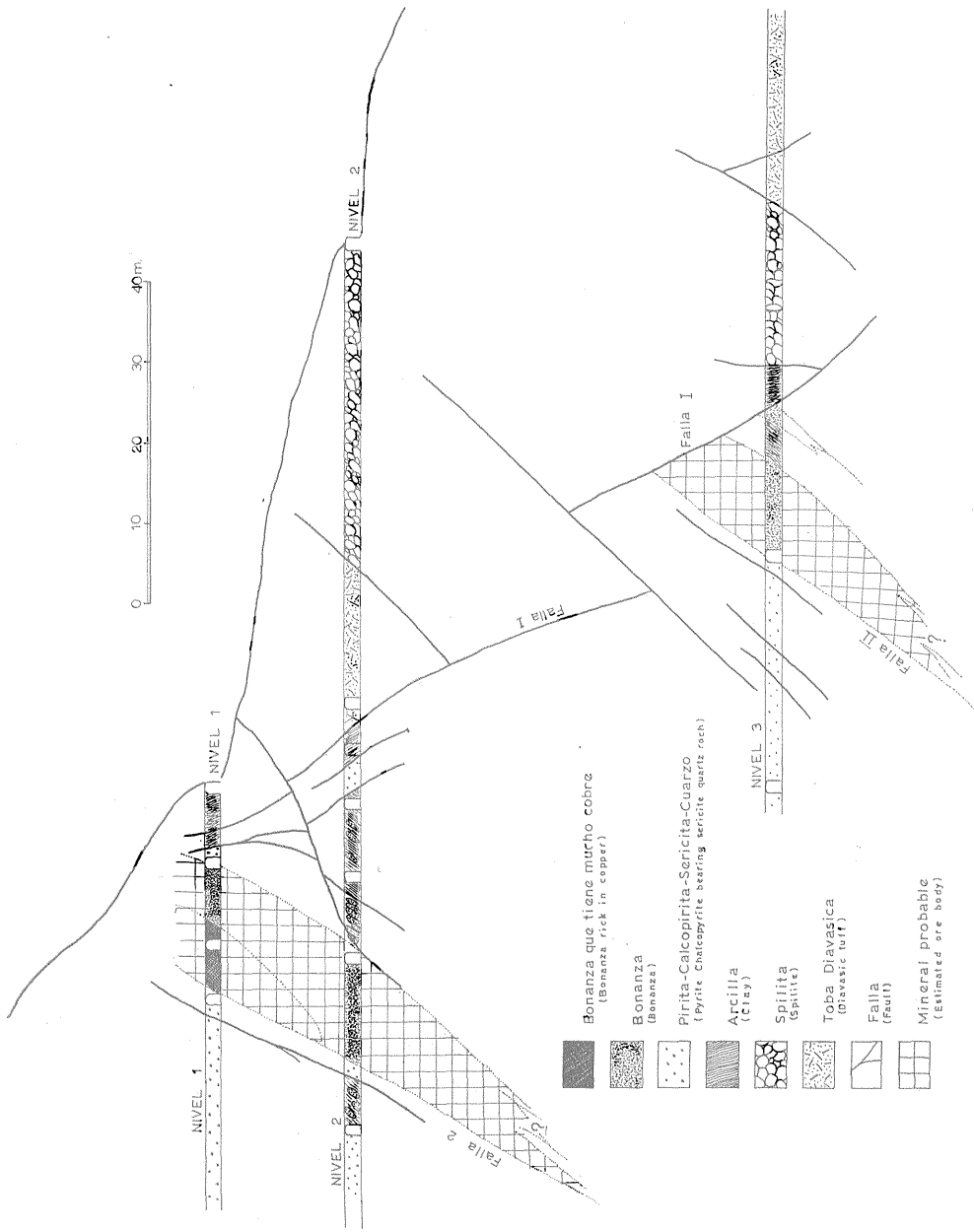


Fig. 8 Mapa perfil sobre galerías de la mina "La Plata" (Profile showing ore deposits of the Plata mine)

ようになる。これらの構造系は2つの時期のものからなりたつ。その1つを Fault I とよぶ。これは N10°E 方向で、スピライト中に発達する節理系の方向と一致する。後期の構造系を Fault II とよぶ。これは粘板岩とスピライトとの境界の方向と一致し、ほぼ東西である。

鉱化帯は Fault I に規制され、富鉱部は Fault II に規制されている。Fault I にそつて灰色に変色した特殊な相がある。ここは絹雲母、石英および細粒自形の黄鉄

鉱からできている。Fault II にそつては緑泥石化作用が特徴的にあらわれている。

### 5.2 銅鉱床について

この鉱山の鉱床はすべて地下に存し、地表の露頭はみとめられない。地表には鉱化帯としての特徴的な岩石があらわれているだけである。鉱床の地下における産状は第5～8図に示したとおりである。

鉱化帯の上部には富鉱部があり、形は棒状と推定され

る。その規模は厚さ 10m, 幅 20m, 落しは N10~20°E で落しの方向にどの程度発達するかはいまは不明である。

鉱化帯の下部には 2つの富鉄部が存する。そのうち北側の 1つは塊状鉄体で、南側の富鉄部は脈状であり、鉄床の型式を異にする。前者はレンズ状をなし、絹雲母石英岩相の中に胚胎し、レンズの幅はおよそ 10m であるが、長さについては不明である。一方脈型の鉄体は厚さ 1m で N10°E 方向を示し、Fault I にそって胚胎している。

これらの鉄床の立体的関係を第 8 図の断面図に示した。すなわち上部富鉄部と下部富鉄部の 1つとは同一鉄体で、断層によつて変位し、2つに分断されたものと推定される。したがつて下部富鉄部のさらに下方が期待されることになる。

塊状鉄床は産状からみて含銅硫化鉄鉄床に属する。

### 5.3 鉄石について

La Plata 鉄山の銅鉄床には 2つのタイプのものであることはすでに述べたが、鉄床型のちがいは鉄石の性質のうえにもよく示されている。含銅硫化鉄鉄床型に属する塊状鉄床を形成している鉄石は一般に綫状組織があり、融食形の黄鉄鉱を主とし、それに黄銅鉱・閃亜鉛鉱・方鉛鉱・四面銅鉱・斑銅鉱および銅藍などからなりたつている。

脈状鉄床を構成するものは粗粒塊状の黄鉄鉱を主とし、そのわれ目にそつて黄銅鉱を伴なう。また黄銅鉱中には閃亜鉛鉱や方鉛鉱が inclusion として含まれている。

塊状鉄床の富鉄部の中心には黄銅鉱が濃集して Cu 10~15% を含有している部分があり、ここでは富鉄部の延長方向に垂直にこまかい節理が発達し、特徴のある鉄石相をつくつている。この富鉄部の周辺には細粒の黄銅鉱と黄鉄鉱とが鉄染し、絹雲母・石英と共存している。

第 2 表

Phase Ore Mineral	Syngenetic	Epigenetic	Supergene	
Pyrite I	—			Corrosive Cubic small crystal Xenomorphic big crystal
Pyrite II		—		
Pyrite III			—	
Chalcopyrite			—	Eutectic Paragenesis
Zincblende			—	
Galena			—	
Tetrahedrite			—	
Bornite			—	Secondary minerals from chalcopyrite
Covellite			—	

反射顕微鏡下で観察されたところでは鉄石鉱物の形成順位は第 2 表のようになっている。

Pyrite I とした黄鉄鉱は鱗状で、ゲル状堆積物から生成されたものと考えられる。一方、Pyrite II とした黄

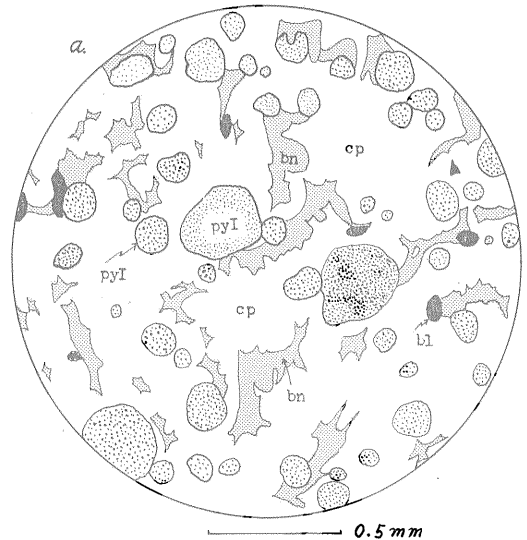


Fig. 9 a Micrografia sobre la mina "La Plata" (3)  
Mineral de yacimiento masivo;  
py I: pyrite I, corrosiva y parece de origen sedimentario coloidal, cp: calcopirita, bn: bornita, parece mineral secundario.  
(Ore from the massive deposit.  
py I: pyrite I, corrosive and regarded to be formed in syngenetic phase, cp: chalcopyrite, bn: bornite, secondary mineral from chalcopyrite.)

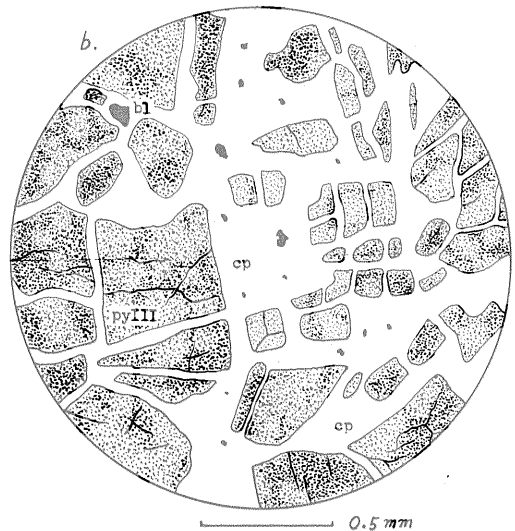


Fig. 9 b Mineral de yacimiento veta;  
py III: cristal grande que tiene muchas grietas.  
cp: calcopirita, bl: blenda.  
(Ore from the vein.  
py III: big crystal of pyrite characterized by cracks, cp: chalcopyrite, bl: zincblende.)

鉄鉱は絹雲母石英と共存して母岩中に鉱染するもので、熱水作用の初期に沈殿したものと考えることができる。それらの相互関係、産状は第4, 9図を参照されたい。

#### 5.4 結語

鉱床の産状ならびに鉱石の性質からみて、La Plata 鉱山の鉱床の主体は含銅硫化鉄鉱床と判断される。そしてその鉱化期はおそらく白堊紀にはじまったものと推定される。

鉱化作用は地向斜期における枕状熔岩の活動にはじまり、特殊な噴気性堆積層が形成され、その過程で Pyrite I とした黄鉄鉱が生成されたものとみられるので、その条件を syngenetic として示した。また爾後の鉱化作用は地向斜期の特殊な堆積相を熱水溶液が交代したものと考え、これを epigenetic として示した。そして鉱化作用の末期には鉱床が地表近くにその位置を移したために、銅藍を形成するような浅成条件に移行したものとと思われる。

すなわち鉱化作用の第2期において、Cu・Pb・Zn を含有した鉱液は一部は交代鉱床を形成し、一部は裂カ充填型の鉱脈を形成したと考えられる。

斑銅鉱と銅藍とはいずれも地表近くの1坑、2坑レベルにおいてのみ観察され、深部の3坑レベルではみとめられない。したがってこれらは浅成二次鉱物と考えられる。

さてわれわれは、この鉱床の探査のために次の諸点を考慮しなければならない。すなわち、塊状鉱床の賦存が予想される方向として、白堊紀粘板岩層と枕状熔岩との接触する層準を追跡すること。また Fault I にそつて脈状鉱床の追跡も同時に行なうことである。しかしながら塊状の交代鉱床の探査がより重要な課題であろうと思われる。現在確認されている富鉄部だけの鉱量は約1万tで、これでは本格的操業は困難といわねばならない。

#### 付記

筆者の1人番場はエクアドル国立地質調査所において同所の育成に当るかたわら、エクアドル北部におけるアンデス山脈の横断的調査を実施した。ここにはその間の調査条件といったものを紹介し、今後の派遣専門家のためのガイドのつとめをしておきたい。

エクアドルには世界の気候があるといわれているが、なるほど海岸地域は高温多湿の熱帯であり、アンデス中間盆地(海拔3,000m)は常春の快適な気候であり、東部山脈以東のいわゆるオリエンテ地方は常時雨が降る寒冷の土地柄である。したがってエクアドル横断の調査旅行には夏冬両用の装備を必要とする。

海岸から Santo Domingo までの幅150kmの平野の調査で気のついたことは、乾季をえらぶと調査の条件がよいということであつた。それはジャングルのほとんどが枯れて褐色ないし灰色となり、露岩をみだしやすいこと、川の水量が少ないので渡渉が容易であることなどである。その時期は9月、10月、11月がよく、1月頃からはすっかり新緑に交代されてしまう。また海岸平野は一部は自動車を用いることができるが、大部分は馬にのり、幅2~3mの悪路を通らなければならないので、馬術の経験をもつてないと大いに役立つと思う。

宿舎は農家をお願いすることになるが、これらの農家は数kmおきに点在している程度であるから、宿舎のよしあしをえらぶようなわけにはゆかない。しかし一般に日本人に対しては好感をもっているし、とくに技術屋に対して敬意を払ってくれるので、われわれの旅行中はどの農家でも心からの観迎をしてくれた。この地方は蚊が多く、湿度も高いので、ベッド、蚊帳を持参しなくてはならない。われわれはエクアドル地質調査所の備品を携行したので都合であつた。

食事はエクアドル産の米を炊いて皿に盛り、その上に焼肉、野菜、卵等をつけてくれる。また時には焼いたバナナ、野菜のスープ等をサービスしてくれるところもあつた。これ以上の食事は期待できないので、上記のメニューに合わせ向きは携帯食糧を用意せねばならない。

Santo Domingo から Quito までの西部山脈の調査旅行は道路もよいし、宿舎の便もよいし、心配はいらない。この間は6月から12月までが乾季で調査旅行には都合がよい。

東部山脈の調査旅行は時期をえらぶ必要はない。というのは常時雨が多いところで、ぬれて調査をするつもりでなければならぬ。東部は未開の地域で、道路も劣悪で馬を用いなければならない。雨にぬれて馬にのり、悪路を進み、かつ作業をしなければならない東部の旅は、強靱な意志と斗志とがなくては不可能である。雨具と冬物の衣類の用意が必要である。

野獣のために調査が妨害されたということは幸になかつたが、人夫が山猫や大きい毒蛇をうちとつて自慢げに見せてくれた思い出はある。

おわりに特記せねばならないのは水の問題である。首都、田舎を問わず生水をのんではならない。自然水には多くのアミーバが含まれており、肝臓障害をひき起すと聞いている。したがって調査旅行中はビンづめの炭酸水を携帯することが絶対必要である。