

Las Vetas de Plomo y Zinc en la Región Minera de Chilete, en el Norte del Perú

Por *Frank S. Simons*

INDICE:

Síntesis — Introducción — Geología general — Yacimientos metalíferos: Historia y producción, Mineralogía, Estructura del sistema de Vetas Paredones (Vetas principales — Fallas — Movimientos post-minerales a lo largo de las vetas), Localización de las menas (Vetas — Intersección de vetas), Alteración de las cajas, Estructura interna de las vetas, Secuencia en la deposición de los minerales de veta, Variación de la mineralización en profundidad.

SINTESIS

Las vetas de plomo-zinc-plata de la región minera de Chilete en el departamento de Cajamarca del norte del Perú se han trabajado esporádicamente desde el siglo XVII, pero la mayor explotación comienza sólo a partir de 1951. Los yacimientos se encuentran en una gruesa sección de rocas volcánicas andesíticas que cubren en discordancia a una serie de calizas, lutitas y cuarcitas cretáceas. Las rocas volcánicas forman un bloque con ligera inclinación hacia el norte y al parecer de estructura simple. Los depósitos metalíferos de Chilete son vetas de cuarzo y sulfuros; estos consisten principalmente de esfalerita, pirita y galena, y la ganga contiene cuarzo y andesita silicificada y piritizada. Las cajas están calcitizadas, coloritizadas, piritizadas y sericitizadas. Las vetas se originaron por relleno de fisuras y de brecha, y por reemplaza-

miento. Sus rumbos varían entre NW y ENE y sus buzamientos son bastante empinados. Sus potencias varían desde pocos centímetros hasta 4 m. La veta más larga alcanza unos 1,700 m. según el rumbo. Una serie de fallas posteriores a la mineralización, de movimiento según el rumbo, desplazan ligeramente a las vetas. Las partes más anchas de la veta Murciélagu, que pertenece al sistema principal de vetas con rumbo NW, parecen ocurrir donde el rumbo cambia ligeramente hacia el norte. Las intersecciones de las vetas no son lugares favorables para la deposición metalífera, por el contrario, varias intersecciones parecen ser más bien desfavorables. Todas las vetas tienen aproximadamente el mismo contenido combinado de plomo y zinc, en todos los niveles, pero la proporción de zinc a plomo aumenta notablemente en los niveles de exploración inferiores, 200-250 m. bajo los afloramientos.

INTRODUCCION

En el distrito minero de Chilete, cerca del pueblo de Chilete, se trabajan vetas de plomo y zinc. El pueblo de Chilete está situado sobre el río Magdalena, en el departamento de Cajamarca del Perú septentrional, cerca de la carretera principal entre Pacasmayo y Cajamarca, a 108 Kms. al E de Pacasmayo. Chilete está a 1,100 m. de altura y las montañas vecinas se elevan más de 2,200 m. La región es una de las pocas regiones peruanas productoras de plomo y zinc situadas por debajo de los 4,000 m. En general el terreno es accidentado, pero con bastantes vías de acceso. El clima es cálido durante todo el año con temperaturas de 15° a 35°C. La precipitación anual es de 20-25 cms., la mayoría de la cual ocurre entre enero y abril. La región es más bien árida.

La única actividad minera en el distrito son las explotaciones de Northern Peru Mining and Smelting Co., subsidiaria de la American Smelting and Refining Co., en Paredones, en el valle de San Pablo, 4 kms. al N de Chilete. La mayoría del plomo, zinc y plata que se han minado en la región desde el siglo XVII provienen de las vetas de Paredones.

Para el presente estudio se emplearon 8 semanas durante 1952 y 1953. El trabajo de campo incluye un reconocimiento geológico de unos 50 kms.² y el levantamiento detallado superficial y subterráneo del área de Paredones. El levantamiento de superficie se hizo sobre fotografías aéreas usando una base topográfica en Paredones, ambas suministradas por la compañía; el levantamiento subterráneo se hizo en los planos de la compañía a escala 1:500. A partir de las fotografías aéreas, se confeccionó un plano de la superficie a escala 1:10,000, mediante un triangulador mecánico Abrams. La compañía brindó gentilmente el alojamiento y la comida.

Agradecimientos.—Es un placer anotar la sincera y valiosa cooperación de la Northern Peru Mining and Smelting Co. Agradezco especialmente al Sr. Lawson Entwistle, Jefe de Geólogos de la compañía,

quien facilitó mi trabajo y discutió muchos de los problemas geológicos conmigo, y al Sr. Willis Griswold, por ese entonces Superintendente de Chilete, por su amigable ayuda y estimulantes discusiones.

El estudio de Chilete forma parte de un estudio general de los recursos plumbozincíferos que el Instituto Geológico del Perú y el U. S. Geological Survey han llevado a cabo durante los últimos 7 años. Este trabajo se hace ahora bajo los auspicios del Foreign Operations del U. S. Department of State.

GEOLOGIA GENERAL

Las rocas más antiguas del distrito están constituidas por una secuencia de calizas y cuarcitas cretáceas, que afloran a lo largo y al S del río Magdalena (fig. 1). Estas rocas no se estudiaron detalladamente. La parte superior de la sección consiste de caliza impura gris oscuro a negra, en capas delgadas y con intercalaciones de lutita gris, el rumbo es NNW y buzan 30-60° al S. Las calizas tienen una potencia mínima de 1,500 m. La parte inferior de la sección consiste de cuarcita blanca en capas gruesas y de 500 a 600 m. de potencia mínima. En las rocas sedimentarias no hay mineralización alguna.

Las rocas sedimentarias están recubiertas en discordancia angular bastante clara por un grueso paquete de rocas volcánicas, que cubren casi toda el área mostrada en la figura 1 al N del río Magdalena. En las secciones estructurales generalizadas (fig. 2), el espesor de este paquete se estima en 1,500 m. o más. Los 300-400 m. inferiores consisten de flujos andesíticos, tufos andesíticos y dacíticos y conglomerados cuarcíticos, con sólo cantidades ínfimas de brecha de flujo, todos intercalados. En contraste, encima de esta secuencia estratificada, las rocas son casi por entero flujos de brecha y lavas andesíticas que muestran ligera o ninguna estratificación. Aunque la posición de las rocas volcánicas es variable, de un modo general la sección forma un homoclinal que buza ligeramente al N. Todos los yacimientos están situados en las rocas volcánicas.

A pesar de su apariencia fresca todas las rocas volcánicas tienen fuerte alteración. El producto más común de alteración es la calcita seguida de clorita, sericita y arcilla caolínica, en este orden. En la mayoría de las rocas examinadas en secciones delgadas las plagioclasas originales se

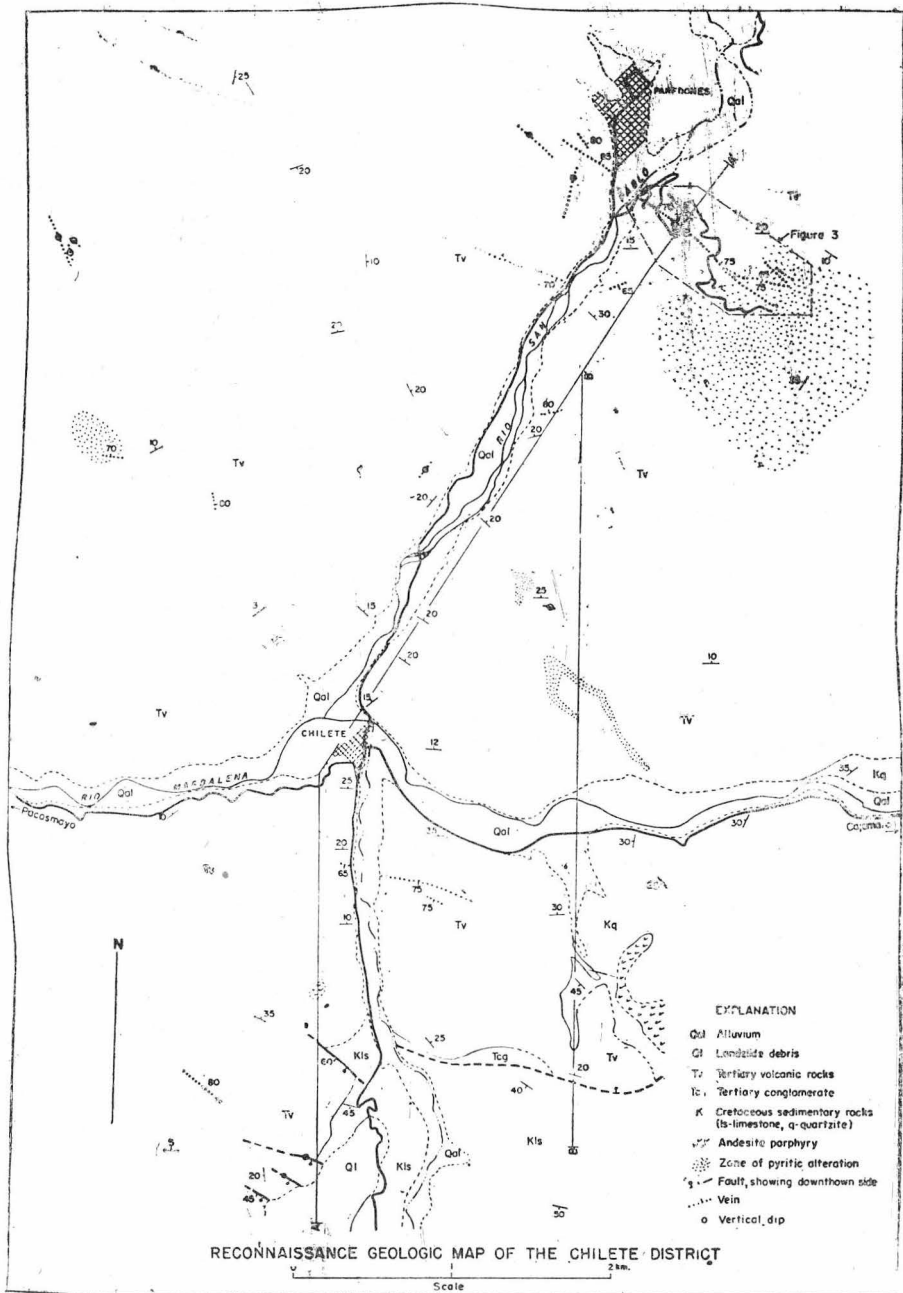


Fig. 1.—Mapa del reconocimiento de la región de Chilete.

han transformado en un agregado de calcita, epidota, sericita y albita, y casi indefectiblemente los piroxenos tienen fuerte cloritización. No surgió ninguna explicación de esta alteración tan extendida durante las observaciones de campo.

Al N del área que muestra la figura 1, las rocas volcánicas están recubiertas, posiblemente en concordancia, por una secuencia de conglomerados y capas rojas que no han sido estudiadas.

Intrusivos andesíticos y dacíticos afloran en varios lugares al S del río Magdalena. El más grande es una masa en forma de dike de andesita augítica de por lo menos 1.5 km. de largo y unos 300 m. de ancho, que ha intruído en cuarcita. Varios sills de 0.5 a 2 m. de ancho, de dacita porfirítica, intruyeron en caliza. Las andesitas son más jóvenes que las rocas volcánicas basales; no se conoce la edad de la dacita relativamente a la de las rocas volcánicas, pero la sección basal volcánica contiene rocas tufáceas de composición similar.

Unas pocas fallas de pequeño desplazamiento cortan las rocas sedimentarias y volcánicas al S del río Magdalena y desplazan las vetas en la zona de Paredones; al N del río Magdalena; fuera de la zona de Paredones no se reconocieron fallas de alguna importancia. Las rocas sedimentarias probablemente están bastante plegadas, pero dentro de la región estudiada están recubiertas por las volcánicas y sólo pudieron obtenerse pocos datos de ellas. Las rocas volcánicas parecen tener un plegamiento suave, pero aparte de la base de la secuencia volcánica no se pudieron determinar sus actitudes con certidumbre.

YACIMIENTOS METALIFEROS

Todos los yacimientos de Chilete son vetas de cuarzo y sulfuros, con zinc, plomo, plata y algo de cobre. El largo de las vetas según su rumbo varía desde pocos metros a 1,700 m. y alcanzan una potencia máxima de unos 5 m. La mayor profundidad bajo el afloramiento alcanzada por la explotación es de unos 245 m. El rumbo de la mayoría de las vetas es ya sea NW o ENE y todas buzan empinadamente, 60° o más. La mineralogía de las vetas es sencilla. Los únicos sulfuros abundantes son: esfalerita, galena y pirita; la calcopirita se da megascópicamente sólo en cuatro vetas, aunque se ubica como inclusiones microscópicas en la esfalerita; se halló arsenopirita en una sola veta. La

ganga es casi únicamente cuarzo o andesita silicificada y piritizada. También se encuentran pequeñas cantidades de calcita rosada y blanca, dolomita, ankerita y barita. El yeso es constituyente común pero no abundante. La mayoría de las vetas son bandeadas y contienen cuarzo en peines. Partes de algunas vetas consisten de brecha cementada por minerales de veta.

Las vetas que consisten principalmente de cuarzo tienen afloramientos prominentes y contienen sulfuros en la superficie, mientras que las vetas de alta ley están muy oxidadas y tienen afloramientos inconspicuos. Los afloramientos de las vetas suelen ser difíciles y a menudo imposibles de reconocer, y la mayoría de las vetas sin explorar se ven claramente sólo en cortes de carretera o a lo largo de caminos principales.

Historia y Producción

Hay pocos datos históricos sobre Chilete; hubo sólo dos fuentes de información (1, 2). Las vetas de Paredones se descubrieron a mediados del siglo XVII, trabajándose las menas oxidadas por algunos años. Tras un serio derrumbe en la veta West Pacasmayo, que atrapó un número considerable de mineros, se abandonaron todas las minas. Tras un largo período de inactividad se reiniciaron las labores en 1856 minándose por sulfuros con bastante continuidad hasta 1883, cuando la dificultad de transporte y la falta de agua para beneficio originaron el cierre. La mayoría, sino toda la producción de los primeros años vino de las vetas Murciélago y West Pacasmayo. No se encontraron datos sobre la producción total.

La mina fue tomada en opción por la Northern Peru Mining and Smelting Co. en 1924 y tras 4 años de exploración fué comprada para futuros desarrollos. En agosto de 1951 se iniciaron las construcciones de la actual planta de beneficio y de los campamentos y la mina empezó a producir en mayo de 1952. La producción mensual subió de unas 7,000 toneladas al comienzo a unas 9,000 en la actualidad (1953).

Por ser las cajas de las vetas por lo general limpias y fuertes se mina por el método de tajeos de shrinkage. Toda la mena rota se baja al nivel 5to. (inferior), ya sea directamente desde los tajos o por chutes de mena, y por este nivel se le lleva a la planta de beneficio de 250 toneladas. Los concentrados de plomo y zinc se colocan en receptáculos de

LAS VETAS DE PLOMO Y ZINC EN LA REGION MINERA DE CHILETE

acero de 1 tonelada y se envían en camión a la estación del ferrocarril en Chilete, en donde se cargan en plataformas para su transporte al puerto de Pascamayo. Durante el período del 1º de enero al 30 de agosto de 1953, los concentrados de plomo promediaron: 60.36% Pb, 7.90% Zn, 1.73% Cu y 56.87 oz Ag por tonelada y los concentrados de zinc tuvieron: 52.73% Zn, 1.26% Pb, 0.51% Cu, y 6.52 oz Ag por tonelada.

Mineralogía

Los minerales de veta se enumerarán luego en orden de abundancia, describiéndose brevemente la forma en que se presentan. No se intentó estudiar los minerales de la zona de oxidación.

La esfalerita es el sulfuro más abundante en Paredones. Aparece en todas las vetas y en ciertas partes de algunas vetas, particularmente en la veta Pacasmayo, es el único mineral abundante. Se pueden reconocer tres distintos tipos de esfalerita, esfalerita "rosin" marrón moderado (5YR4/4 ó 5YR3/4) que da un polvo casi blando; un tipo marrón oscuro rojizo que da un polvo marrón claro amarillento (10YR6/2), y una variedad negra violácea que da un polvo marrón claro (5YR5/2).

CUADRO I
ANALISIS DE ESFALERITAS DE CHILETE

	COLOR	VETA			Zn S %	Fe S %	Suma	
			Zn.	Fe	molec.	molec.		
1	oscuro	West Pacasmayo	nivel 5to.	56.25	9.56	83.9	15.1	99.0
2	oscuro	Murciélago	nivel 5to.	47.65	9.21	71.1	14.5	85.6
3	medio	Murciélago	nivel 3ro.	57.50	6.28	85.8	9.9	95.7
4	medio	Pacasmayo	nivel 1ro.	61.40	4.39	91.7	6.9	98.6
5	medio	Murciélago	nivel 4to.	59.20	4.32	88.4	6.8	95.2
6	claro	West Pacasmayo	nivel 5to.	63.65	1.67	95.0	2.6	97.6
7	claro	Pacasmayo	nivel 1ro.	62.55	1.26	93.3	2.0	95.3

Siete muestras de esfalerita escogidas a mano se analizaron por zinc y hierro y los resultados se dan en el cuadro I. El sulfuro de zinc puro tiene 67.10% de Zn y 32.90% de S. Las muestras 1 y 6 provienen del mismo lugar y también las 4 y 7. Todo el hierro que se ha encontrado es posible que no pueda atribuirse por entero a la esfalerita, pues ésta tiene, en Chilete, pequeñas cantidades de calcopirita, pero la cantidad a reducirse es muy pequeña. La mayor impureza es sílice, salvo en la muestra 2 que además contiene 2.83% de galena. Ninguna de las esfaleritas analizadas es de la variedad marmatita —10% de Fe o más, según Palache, Berman, y Frondel (4, P. 212)— aunque el tipo oscuro está muy cerca. Cuando se encuentran dos variedades juntas es invariable que la más clara es de generación posterior.

Harry Bastron, del U. S. Geological Survey, determinó espectrográficamente Cd, Ga, Ge e In en las mismas 7 muestras. Se dan los resultados en el cuadro II; un cero solo en la columna de unidades significa que se buscó el elemento sin detectarlo.

En menas que contienen dos tipos de esfalerita hay una ligera mayor abundancia de cadmio en el tipo más claro —1 (oscura) y 6 (clara), 4 (oscura) y 7 (clara)— pero las diferencias no son grandes. En su mayoría los otros datos espectrográficos son negativos; es notable la completa ausencia de Germanio en todas las muestras.

CUADRO II

	Cd	Ga	Ge	In
1.	0.36	0.0004	0	0.005
2.	0.23	0	0	0.002
3.	0.37	0.0005	0	0.009
4.	0.29	0	0	0.006
5.	0.42	0.0005	0	0.010
6.	0.39	0	0	0.005
7.	0.50	0	0	0.002

La *esfalerita* es comúnmente de grano grueso; no son raros cristales euhedrales hasta de 2 cms. y caras de clivaje hasta de 4 cms. En general la *esfalerita* parece contener sólo pequeñas cantidades de calcopirita

LAS VETAS DE PLOMO Y ZINC EN LA REGION MINERA DE CHILETE

como inclusiones microscópicas; sin embargo se halló colcapirita en todas las 19 secciones pulidas que se estudiaron.

La *pirita* es ubicua en Chilete y se da en pequeñas capas en las menas bandeadas, en hilos de grano fino que cortan a sulfuros anteriores, o impregnando los fragmentos de caja en menas brechosas. La *pirita* de las vetas tiene habitus piritoédrico u octaédrico, donde pudo estudiarse el habitus, mientras que la *pirita* de las cajas o de los fragmentos de caja es cúbica.

Se halla *galena* en todas las vetas, pero a veces sólo en muy pequeña cantidad. Su cristalización es mucho más fina que la de la esfalerita asociada, en raras ocasiones muestra caras de clivaje de hasta 1 cm. Tanto la *galena* gruesa como la variedad "acerillo" se dan en la mina. Parece que la *galena* ha sido cizallada por movimientos post-minerales paralelos a las vetas, como se evidencia en la veta West Pacasmayo, nivel 1ro. y en la Murciélagu nivel 3ro.

La *calcopirita* megascópica es escasa en Paredones y se vió sólo en la veta West Pacasmayo nivel 1ro., en la veta Esperanza nivel 3ro., en la veta Pacasmayo nivel 4to. y en la veta "Valenciana" (Murciélagu) nivel 4to. Como inclusiones microscópicas se halla presente en la esfalerita de todas las vetas. Por lo general estas inclusiones son muy pequeñas y se hacen visibles sólo con 500 ó más aumentos.

Sólo se encontró *arsenopirita* en el nivel 5to. de la veta West Pacasmayo, en pequeños lentes redondeados compuestos de menudos prismas aciculares o como finas agujas diseminadas en el cuarzo. Se reconoció sin embargo en las secciones pulidas de menas de todas las vetas y parece ser un constituyente menor en todas ellas, siendo más escaso en la veta Murciélagu.

La *marcasita* ($Fe S_2$) se identificó en una sección pulida de mena del nivel 1ro. de la veta West Pacasmayo. Forma prismas carcomidos reemplazados por esfalerita.

La única ganga abundante es el *cuarzo*; es posible que el 99% de los minerales no metálicos de las vetas sea cuarzo. Se halla en masas finamente sacaroide, como cuarzo en peines en las secciones de las vetas más claramente bandeadas, y en cavidades y venillas tardías. Parece que fué depositado durante todo el período de formación de vetas.

También se hallan pequeñas cantidades de *baritina* en las cavidades de

la veta Pacasmayo y en una veta menor del nivel 5to., asociada a *calcita rosada*. Se halla *dalomita ankerítica* en las vetas Murciélago y Esperanza, en hilos que cortan a la esfalerita y al cuarzo. El yeso está bien distribuido sin ser abundante. La mayoría de éste parece supergeno, sin embargo, el yeso en cavidades en las vetas Pacasmayo y Murciélago y en el núcleo de los hilos de cuarzo de las vetas Esperanza y "Valenciana", es probablemente hipógeno. La *sericita* se da como mineral accesorio en varias vetas, fué reconocido solo en secciones delgadas en vetillas tardías con cuarzo, carbonato y pirita.

Estructura del Sistema de Vetas Paredones

Los afloramientos en el área de Paredones se muestran en la figura 3; en la figura 4 puede observarse un modelo generalizado de vetas y fallas, y las secciones estructurales a través de la esquina SE del área aparecen en la figura 5. Entre las vetas principales las siguientes tienen un rumbo NW: Murciélago, West Pacasmayo, North y Animas, mientras que las vetas Pacasmayo, Esperanza, Pilancones y Hualgayoc tienen rumbos dentro de los 20° alrededor de E-W.

Vetas Principales.—La principal veta productora es Murciélago con una longitud conocida o inferida de unos 1700 m, explorada en unos 1000 m y hasta una profundidad de 210 m bajo el afloramiento, a través de 6 niveles. El rumbo de esta veta es NW y buza 65-85° al NE. Cerca de su extremo SE la veta se divide en la veta Esperanza con rumbo ENE y la veta "Valenciana" que es la continuación SE de Murciélago. La única otra veta que intersecta a la Murciélago es Pilancones, que se describe luego. La veta Murciélago tiene una potencia que varía entre 1 y 4 m promediando tal vez 2 m.

La veta Esperanza sólo se conoce por los niveles 3ro., 4to. y 5to. (inferior); su área de posible afloramiento está cubierta con derrubios y conos de escombros. En la mayoría de los sitios la veta buza empinadamente al N, pero también se han registrado fuertes buzamientos hacia el S. La máxima longitud de esta veta es de unos 150 m, en el nivel 3ro. En este nivel la veta se divide hacia el E en dos ramales semiparalelos de 40-55 m

de largo; el ramal septentrional termina contra una falla y el meridional parece terminar contra la veta Animas. La veta Esperanza intersecta a la West Pacasmayo en el nivel 5to., pero sin estar la intersección bien definida y, además, es inseguro afirmar si West Pacasmayo termina contra Esperanza o si las dos vetas se cruzan sin desplazamientos notables; parece posible ya sea que West Pacasmayo termina o que continua al SE como una fractura estéril que luego se transforma en la veta Animas. La intersección correspondiente no se halla en el nivel 3ro.; en este nivel la veta West Pacasmayo es una poderosa fractura con poca mineralización, y la veta Esperanza parece estar cortada antes de llegar a la fractura. La estructura de Esperanza es más bien débil comparada con otras estructuras de vetas en Paredones. Su potencia varía desde un hilo fino a 2.5 m siendo su promedio probable alrededor de 1 m.

La veta Pilacones nace de la Murciélago cerca de las coordenadas 49,600 N 50,400 E en la superficie, y puede trazarse a lo largo del afloramiento por unos 400 m al ESE de la intersección. La intersección no está expuesta en superficie o en el nivel cero de Murciélago (el más elevado). La veta buza 65-80° S. Se ha reconocido con certidumbre solo en superficie y en el nivel cero; al parecer la inclinación de su intersección con la veta Murciélago es tal que la veta no aparece en ninguna labor bajo el nivel cero, a no ser que la estrecha veta cortada 10 m al NE de Murciélago en el nivel 2do. sea la veta Pilacones. Esta veta aflora con 3 m de potencia mientras que en su única exposición subterránea tiene 1.5 m.

La veta West Pacasmayo es aproximadamente paralela a Murciélago y aflora a unos 200 m al NE del extremo SE de la última veta. La veta puede seguirse por unos 250 m a lo largo del afloramiento y por 260 m en el nivel 5to. Por buzar, West Pacasmayo, 60-70 al SW, hacia Murciélago, las trazas de ambas vetas están separadas sólo por unos 90 m en el nivel 5to. que está aquí 200 m bajo el afloramiento de West Pacasmayo. La veta se ha reconocido en los niveles cero, 1ro., 3ro., 4to. y 5to. Su potencia varía entre 1 y 3 m, promediando poco más de 1 m.

La veta North es paralela a West Pacasmayo y aflora 20 m al NE. Puede seguirse claramente por unos 150 m a lo largo del afloramiento y

pudiendo extenderse por otros 150 m al ESE de la veta Pacasmayo. La veta North en labores subterráneas solo se conoce con certidumbre en el nivel cero; probablemente aparecen también en el nivel 5to., donde, debido a su buzamiento algo más parado, está 20 m más al NE que en el afloramiento de la veta West Pacasmayo. La veta llega a tener una potencia de 1.5 m promediando alrededor de 1 m.

El afloramiento de la veta Pacasmayo está a lo largo de la prolongación SE de la veta North pero no se relacionaron ambas vetas exactamente por falta de afloramientos. Un tajo abierto de 100 m de largo marca el primitivo afloramiento de la veta. La veta Pacasmayo tiene rumbos entre ESE y E y buza 70° S en el afloramiento, 70-85° N en los niveles 1ro. y 3ro. y más o menos vertical en el nivel 5to. La mayor longitud conocida según el rumbo es de 200 m, en el nivel 1ro. Para aclarar la relación entre las vetas Pacasmayo y North en el nivel 5to. se requiere mayor desarrollo, pero parece que las dos vetas resultarán ser la misma. La veta Pacasmayo tiene un ancho máximo de 3.5 m promediando tal vez 1.5 m ó algo más.

La veta Animas tiene rumbo NW y buza 65-80 al SW. Está a unos 30 m al SW de West Pacasmayo en la superficie. Su mayor longitud conocida en los niveles 1ro. y 5to. es de unos 80 m y es probable que se hayan alcanzado los límites de la veta. Parece que la veta cruza el ramal N de Esperanza sin desplazamiento en el nivel 3ro., pero si corta al ramal S. No se sabe de otras vetas que se intersecten con Animas, a no ser que Animas y West Pacasmayo se unan en el nivel 5to. Aunque la estructura de Animas es bastante fuerte en algunos lugares, la veta es generalmente delgada, promediando menos de 1 m de potencia.

La veta Hualgayoc se conoce sólo en el nivel 5to. donde forma un cruzamiento entre West Pacasmayo y lo que presumiblemente es la veta North. El rumbo de la veta es ligeramente hacia el N del E y buza 50-75° N. Su longitud es de unos 45 m. Hacia el W parece terminar contra la veta West Pacasmayo y hacia el E pasó a una fractura simple al acercarse a la veta North (?). La veta Hualgayoc no puede correlacionarse con ninguna otra veta de Paredones ya sea en superficie o bajo tierra. Tiene una potencia máxima de 1.5 m, promediando alrededor de 1 m.

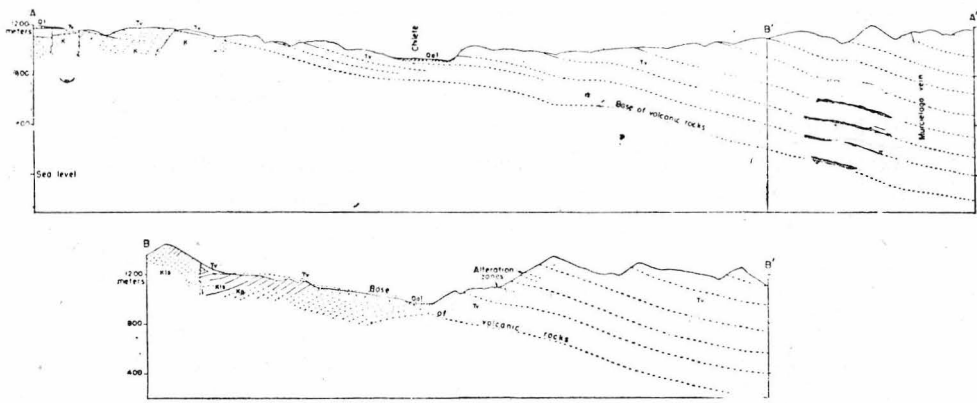


Fig. 2.—Secciones estructurales. Región de Chilete.

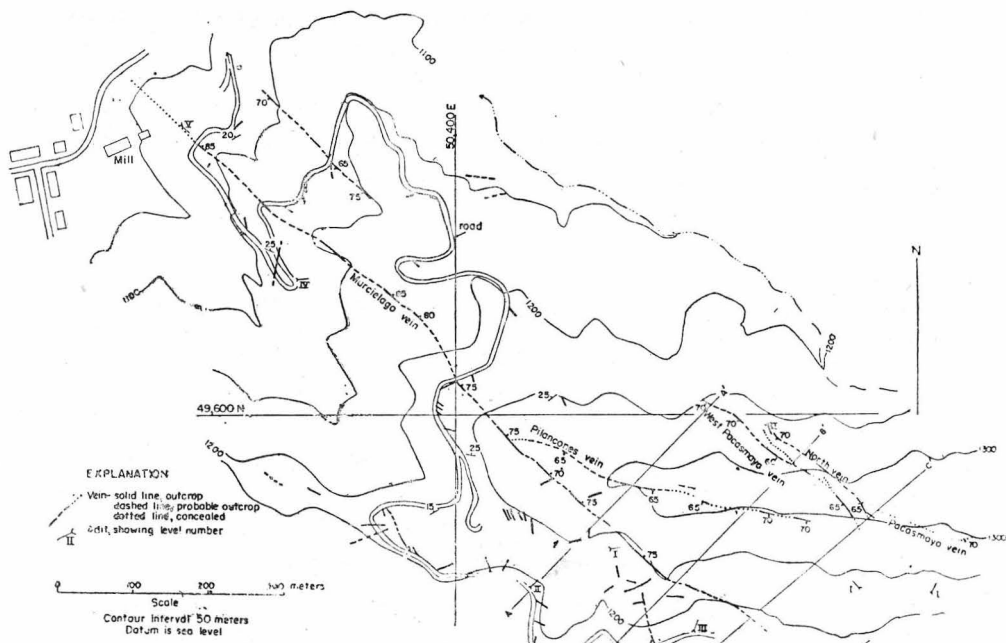


Fig. 3.—Mapa geológico de parte del área de Paredones, región de Chilete.

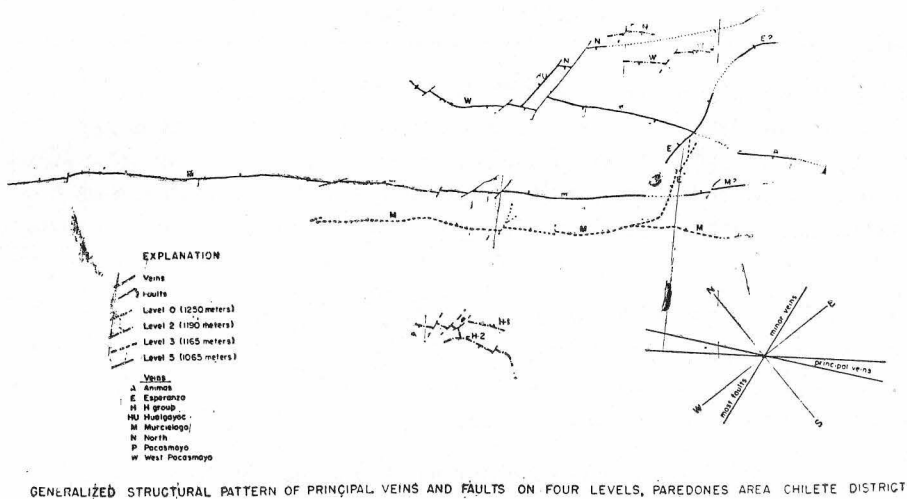


FIG 4

Fig. 4.—Modelo estructural generalizado de las principales vetas y fallas en cuatro niveles, área de Paredones, región de Chilete.

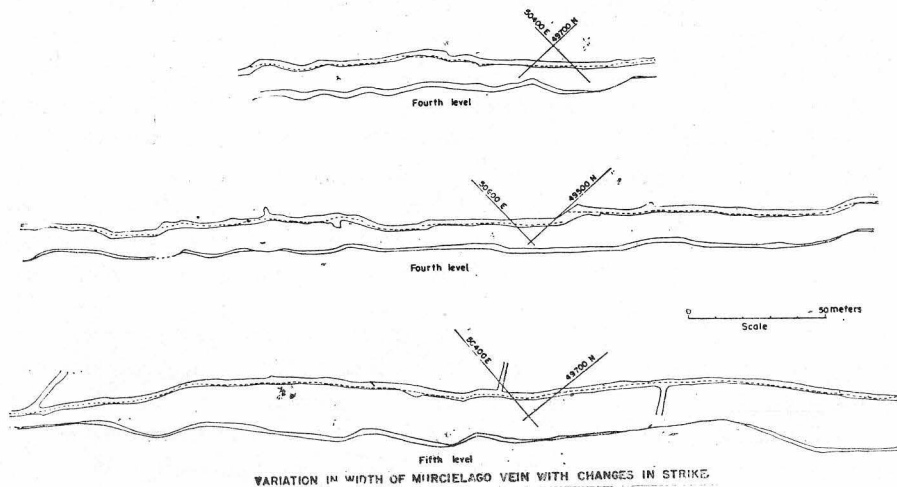


Fig. 6.—En cada grupo de dibujos el plano superior corresponde al nivel, marcándose el piso de la veta por una línea punteada. El plano inferior muestra las potencias de la veta de acuerdo a los planos de muestreo con las curvas exageradas para mayor claridad.

Fallas.—Las vetas Paredones están cortadas por bastantes fallas post-minerales. Las principales fallas tienen rumbo ENE y buzan NW (fig. 4), aunque en la sección oriental de la mina tienen rumbo entre N y NW y buzan bastante hacia el W. Algunas fallas, sino todas, tienen componentes de movimiento según el rumbo, pues en algunas fallas las vetas que buzan una hacia otra están desplazadas en el mismo sentido (fig. 4, sec. AA'). En general el lado SE se movió hacia el NE, relativo al lado NW; esta regularidad en el desplazamiento se muestra bien en la fig. 5, donde los desplazamientos de las vetas se parecen a aquellos causados por fallas inversas. El mayor desplazamiento según el rumbo es de 18 m, pero la mayoría de las vetas están desplazadas menos de 5 m.

Movimiento postmineral a lo largo de las vetas.—Se encontró muy poca evidencia de movimiento postmineral a lo largo de las vetas. Las estrías en la caja techo de la veta Murciélago, en el nivel 3ro. cerca de la coordenada 10,650 E; se inclinan 10-15° NW, en el nivel 5to. cerca de la coordenada 10,400 E, se inclina 25° al NW.

La mayoría de los ramales menores en la caja techo de la veta Murciélago tienen rumbos entre 10 y 30° W con fuerte buzamiento hacia el E (el ángulo agudo formado en sus intersecciones con la veta se abre hacia el NW); son fracturas de tensión (gash fractures) mineralizadas, abiertas durante el movimiento que se postula bajo el título siguiente. Los ramales menores en la capa piso de la veta son menos regulares, y algunos cuyo ángulo agudo de intersección se abre hacia el NW, pueden haber sido abiertos por una inversión del movimiento durante la mineralización.

Los ramales menores de West Pacasmayo están en su mayoría en la caja techo y tienen un rumbo más hacia el W que la veta, sugiriendo que por lo menos algo del movimiento durante la mineralización a lo largo de la fractura original fué en sentido opuesto a aquel a lo largo de la veta Murciélago.

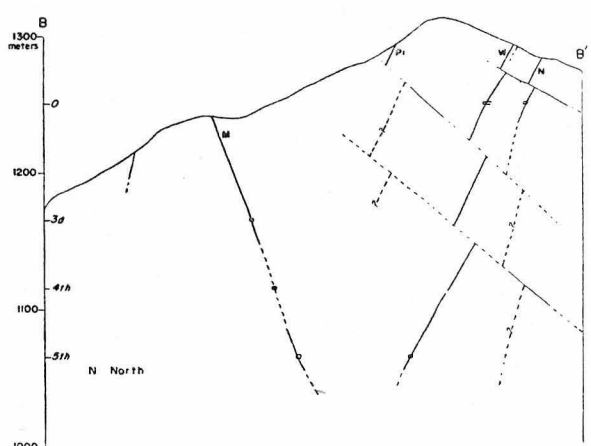
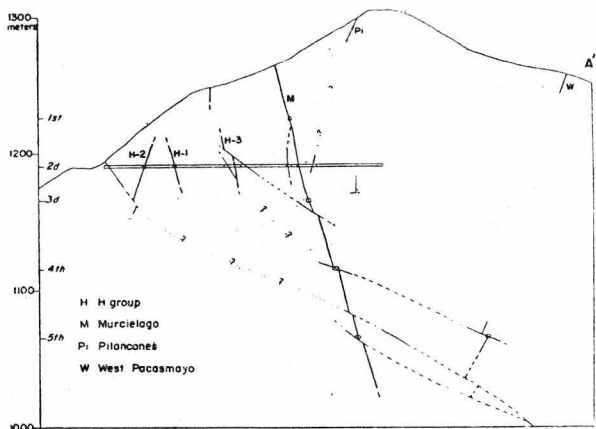
Localización de las Menas.

Vetas.—La única veta que ha sido lo suficientemente desarrollada y minada para ofrecer bastantes evidencias de localización, es Murciélago.

En el nivel 5to. la veta consiste de dos grandes bolsonadas de 55 y 90 m de longitud respectivamente y otra pequeña de 25 m, separadas longitudinalmente por secciones de veta estériles de 10-15 m de largo. Solamente las dos bolsonadas grandes aparecen en el nivel 4to., que empieza al SE de la bolsonada pequeña. Dentro de las bolsonadas varía en algo el ancho de la veta según el rumbo; las partes más anchas tienden a ocurrir donde el rumbo gira ligeramente hacia el N. Las secciones estériles suelen empezar donde la veta toma un rumbo más al E y terminan en, o cerca, de una ligera curva hacia el N. Esta relación de potencia a rumbo se muestra en forma esquemática en la figura 6, en esta se han exagerado mucho los cambios de rumbo para su aclaración y énfasis, pues en realidad son muy poco notables, en su mayoría menores de 5° y aunque pueden reconocerse con facilidad en la mina su ilustración no puede realizarse sin cierta exageración. Estas variaciones de potencia indican que el lado SW de la fractura original se movió hacia el NW relativamente al lado NE, antes o durante el depósito de los minerales. En el actual estado de desarrollo de la veta los datos son aún inadecuados para mostrar si este movimiento tuvo componentes verticales.

Intersecciones de vetas.—Las intersecciones de vetas en Paredones son una excepción a la generalización bien establecida de que tales intersecciones deben ser lugar favorables para la deposición de menas. Aunque se hallaron varias intersecciones, no hay bolsonadas o aumentos de potencias asociadas con ellas; más bien, en varias intersecciones las vetas son más pobres o delgadas o ambos que a alguna distancia de ellas. La figura 7 muestra datos cuantitativos sobre el contenido de plomo y zinc de varias vetas en y cerca de sus intersecciones. El contenido combinado de plomo y zinc a base de los planos de muestreo de la compañía y recalculado a un ancho de 1 m, se da como ordenadas; las distancias desde las intersecciones se dan en metros y son las abscisas. La curvas por lo tanto muestran el contenido relativo total de plomo y zinc a cualquier distancia de la intersección. Sigue debajo una descripción de las características de algunas intersecciones:

Nivel Cero.—Vetas Murciélagos y Pilancones: la intersección es inaccesible pero parece no haber cambio importante en cualquiera de ellas; la veta Pilancones puede estrecharse hasta desaparecer cerca de la intersección.



EXPLANATION

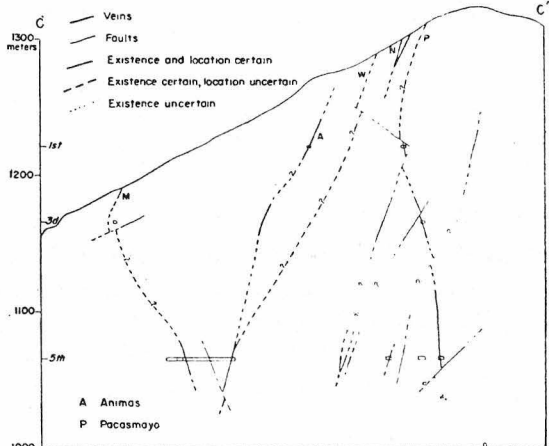


Fig. 5.—Secciones estructurales del área de Paredones, región de Chilete.

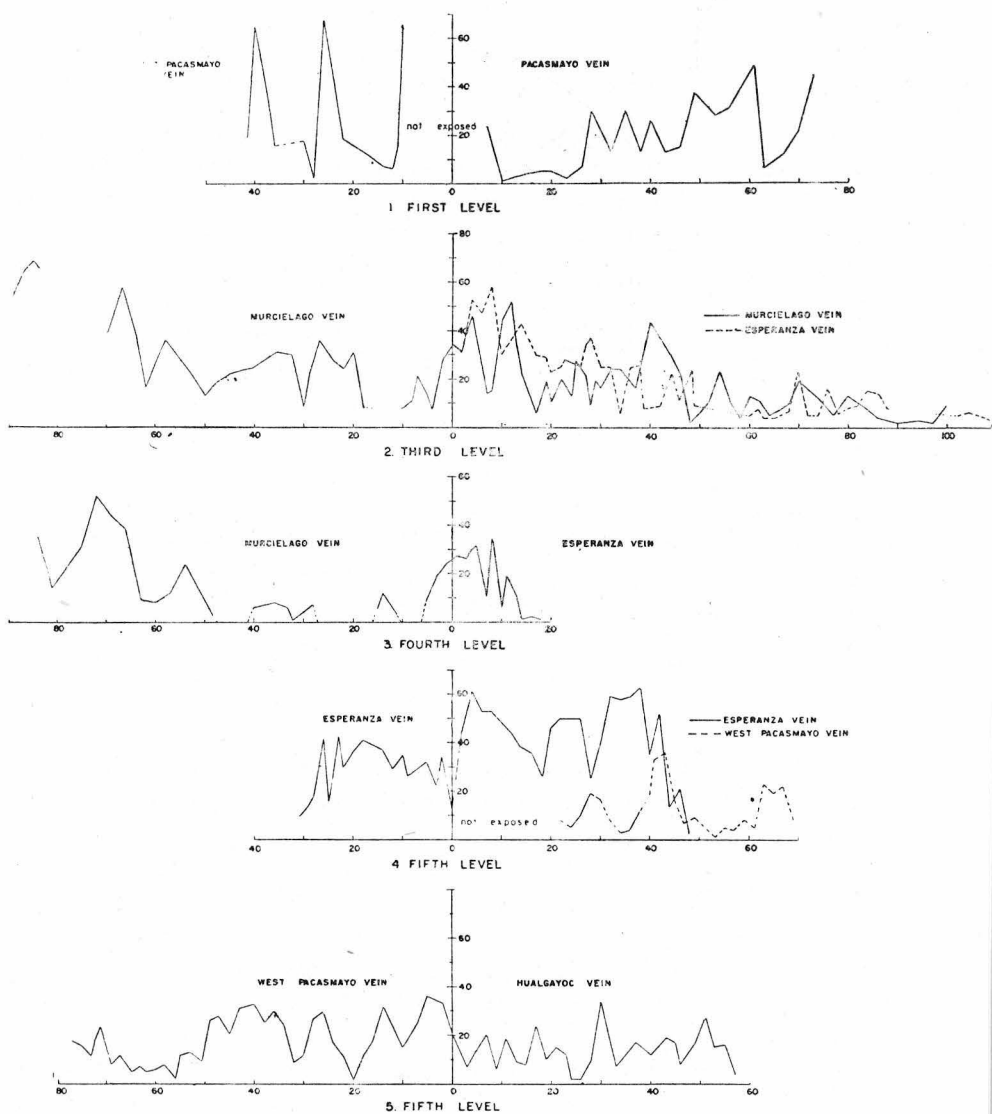


Fig. 7.—Variación en la proporción Pb-Zn cerca de las intersecciones de vetas. Ordenadas: Porcentajes de Pb y Zn combinados y recalculados a 1 m. Abscisas: Distancia de la intersección (0) en metros.

Nivel Primero.—Vetas Pacasmayo y North: la intersección no fué reconocida, podría ser una fractura estéril de poca importancia. Vetas Pacasmayo y West Pacasmayo: la intersección no está expuesta pero ambas vetas se reducen a una serie de vetillas delgadas al acercarse la intersección (Fig. 7-1).

Nivel Tercero.—Vetas Murciélago y Esperanza: la intersección está mal definida, sin cambios advertibles en Murciélago después que Esperanza se desprende hacia el ENE. Ambas vetas mueren al SE y NE respectivamente de la intersección (ver fig. 7-2). Vetas Esperanza y Animas: sin datos de muestreo, la intersección es poco clara y al contenido metálico parece disminuir cerca de la intersección.

Nivel Cuarto.—Vetas Murciélago y Esperanza: la intersección es muy poco notable, ambas vetas se debilitan donde Esperanza se bifurca hacia el ENE (ver fig. 7-3).

Nivel Quinto.—Vetas Murciélago y Esperanza; no hay intersección en este nivel pues Esperanza parece terminar a unos 25-35 m antes de llegar a Murciélago. Vetas Esperanza y West Pacasmayo: no hay cambio advertible en Esperanza a cualquier lado de la intersección; los trabajos a lo largo de West Pacasmayo terminan a unos 18 m antes de la intersección, pero no hay evidencia de cambio al acercarse a ella (ver fig. 7-4). Vetas West Pacasmayo y Hualgayoc: la intersección está bien expuesta, no hay cambio advertible en ninguna de ellas (ver fig. 7-5).

Alteración de las Cajas

La roca regional en el área mineralizada de Paredones es un bloque monótono de rocas porfíricas gris verdoso a gris verdoso oscuro. Sólo el eventual hallazgo de brechas de flujo de alguna guía, en el campo, respecto al origen de las rocas; en general cualquier estratificación de flujo, variación de la composición de capa a capa, tufo intercalados u otras características de las asociaciones volcánicas han sido efectivamente oblitera-

das por la alteración. Al microscopio, sin embargo, todas las rocas estudiadas muestran bien conservadas su textura fluidal y las matrices hialopiliticas o traquíticas típicas de las rocas volcánicas andesíticas. Se examinaron en secciones delgadas rocas de caja provenientes de cuatro localidades a lo largo de tres vetas. En cada localidad se recogieron dos o tres especímenes a diversas distancias de los límites de las vetas. Fueron estudiadas un total de 11 secciones. Todas las rocas presentan cierta características de alteración común.

Los fenocristales de feldespato están invariablemente sericitizados. La intensidad de sericitización aumenta algo en las cercanías de la veta. La mayoría de los feldespatos también están alterados a calcita, pero esta alteración disminuye en intensidad con la proximidad a las vetas en 3 de las 4 localidades. La secuencia de alteración de los feldespatos no está clara, pero la variación recíproca en intensidad indica que la sericitización puede ser posterior y superpuesta a la calcitización. Epidota, clorita y óxido de hierro reemplazan al feldespato en muy pequeñas cantidades. En todas menos una de las secciones delgadas el feldespato remanente es albita, pero la composición original es desconocida; los fenocristales no alterados de feldespatos encontrados en las pocas rocas frescas en Chilete son andesina o andesina-labradorita.

Los silicatos básicos están completamente alterados a un agregado granular muy fino de clorita verde pálido (antigorita), comunmente acompañada por cantidades variables de calcita, minerales de hierro, cuarzo, sericita, leucoxeno y óxidos rojizos de hierro. Una alteración común forma pseudomórfos compuestos de una mezcla de clorita con cuarzo o sericita intersticiales, los cuales se asemejan a la masa de serpentina que resulta de la alteración de olivina. Otra alteración común es la que forma pseudomorfos de clorita cortados por un reticulado triangular o irregular de leucoxeno o mineral de fierro. Los minerales originales son desconocidos; las formas de algunos pseudomorfos sugieren hiperstena y otras biotita (sin embargo la biotita es extremadamente rara en las rocas más frescas), pero en muchos ejemplos la alteración se ha extendido más allá de los límites del cristal original y tampoco la forma del grano reemplazado da indicios de su identidad.

La matriz de todas las rocas consiste de microlitos de plagioclasa pulverulentos y de óxido de fierro granular en una pasta casi isotrópica que es en parte clorita. Los microfenocristales están sericitizados pero no tan completamente como los fenocristales. Muchas irregularidades de cuarzo, clorita y calcita son comunes; el cuarzo es más abundante cerca de la veta en tres localidades. Todas las rocas están piritizadas, pero sólo en una localidad la cantidad de piritita aumentó cerca de la veta. En otros sitios parece que la piritización afecta la roca regional más o menos uniformemente. La mayoría de la piritita, sino toda, se encuentra cristalizada en el sistema cúbico.

En las cajas de la veta Pacasmayo (nivel 1ro.) y la veta West Pacasmayo (nivel 5to.), pequeñas cantidades de un mineral que parece ser adularia están asociadas con el cuarzo. La adularia se presenta como cristales euhedrales menudos, comunmente en forma rómbica, alrededor de las manchas de cuarzo. En una sección la adularia se ha encontrado en cuerpos con formas amigdaloides irregulares, como una capa delgada entre un anillo de clorita y un núcleo de cuarzo. En otras forma una costra entre el cuarzo y las cajas. Los cristales son tan pequeños que impiden cualquier medida óptica precisa, aun con el uso de un objetivo de inmersión en aceite. Sin embargo, el signo óptico negativo, la birrefringencia cerca de 0.006, el relieve marcadamente negativo y particularmente la sección transversal rómbica sugieren adularia.

Estructura Interna de las Vetas

Las vetas en Paredones están formadas por una variedad de procesos incluyendo relleno de fracturas y de brechas y reemplazamiento. El tipo de mena más importante es una roca bandeada consistente de vetillas casi paralelas de minerales sulfurosos que cortan y reemplazan la roca regional, o de una serie de vetas de cuarzo y sulfuro costrificadas; estos dos sub-tipos se presentan generalmente juntos. El relleno de brecha se encuentra particularmente cerca del extremo E del nivel 3ro. de la veta Pacasmayo y cerca del extremo NW del mismo nivel de la veta Murciélago. Unos pocos ejemplos están ilustrados en las figuras 8 a 10.

La figura 8 es una sección en el tajeo 1-4 sobre el nivel 4to. de la veta Murciélago. La veta en este lugar tiene 3.2 m de potencia. El ban-

deamiento, aunque irregular en detalle, es muy uniforme si se considera la veta completa. Tal bandeamiento es típico, particularmente en la veta Murciélago. El cuarzo es el mineral de ganga prominente en una sección de 30 cms de espesor cerca del lado derecho (SW) de la veta; en cualquier otra parte la ganga es una andesita sericitizada y piritizada.

La figura 9 (a) es un esbozo de una cara no pulida de un ejemplar de esfalerita bandeada del nivel 3ro. de la veta Murciélago, mostrando la deposición simétrica de los tipos ligeramente marrón claro y medio marrón. Se nota claramente que la galena es posterior a la esfalerita. Cada una de las áreas sombreadas entre la esfalerita muestra una orientación uniforme de las superficies de clivaje y representa un cristal simple; desde que en estas unidades son irregulares y atraviezan más de una capa de diferente composición (y color), parece que la esfalerita fué depositada originalmente es un espacio abierto como capas coloidales de diferente composición y que han cristalizado posteriormente.

La figura 9 (b) es un esbozo de una mena de esfalerita de la veta West Pacasmayo en el nivel 5to. La roca regional silicificada es reemplazada por granos gruesos de esfalerita marrón claro que muestra cristales angulares junto a la roca reemplazante. La esfalerita marrón claro no contiene pirita y grada hacia afuera a una esfalerita negro violáceo cruzada por pirita; por esto, la variedad clara parece que ha sido depositada posteriormente a la oscura. La galena solamente se presenta en las cajas silicificadas y su relación en edad con la esfalerita es desconocida.

La figura 10 es una fotografía de una mena brechosa de la veta Pacasmayo cerca del extremo W del nivel 3ro. Los fragmentos de caja están marcados con una línea negra. El material intersticial es en su mayoría galena con pocas drusas pequeñas de cuarzo (manchas blancas). Algunos fragmentos brechosos están encerrados por delgadas capas de un cuarzo de peine y en algunos sitios la galena se encuentra interbandeaba con cuarzo. Todos los fragmentos están fuertemente piritizados. Algunos fragmentos parece que han sido algo redondeados por el reemplazamiento, pero la alta proporción de fragmentos comparado con los de minerales sulfurosos (la proporción es generalmente más grande que la que se nota en el espécimen mostrado, el cual ha sido seleccionado como un ejemplo de una mena brechosa de alta ley), indica que ha tenido lugar muy poco reemplazamiento.

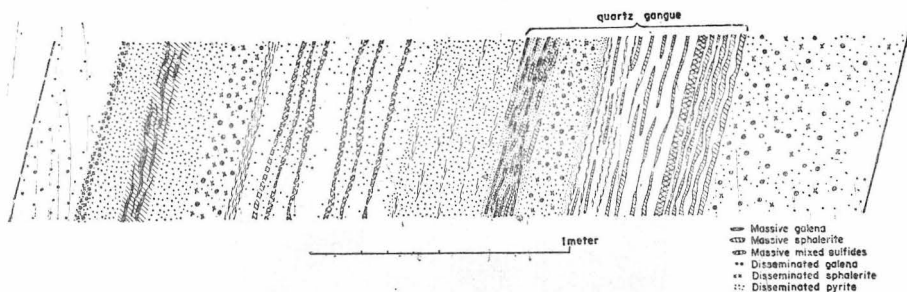


Fig. 8.—Sección de la veta Murciélago; tajeo I - 4, mirando al SE. El piso de la veta está marcado por panizo y estrías; el techo está sólo ligeramente fallado. La ganga de cuarzo es abundante sólo en el lugar indicado, en cualquier otro lugar los minerales sulfurosos están ya sea como vetas o diseminados en la roca regional silicificada.

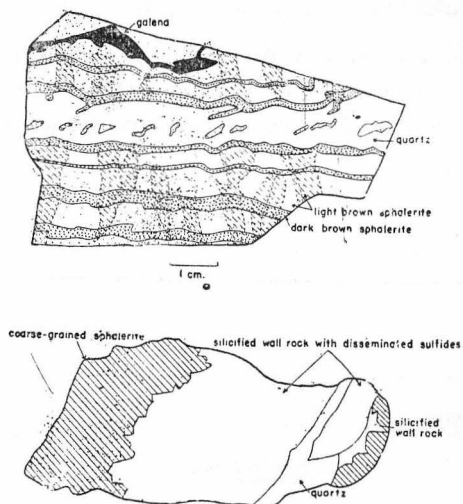
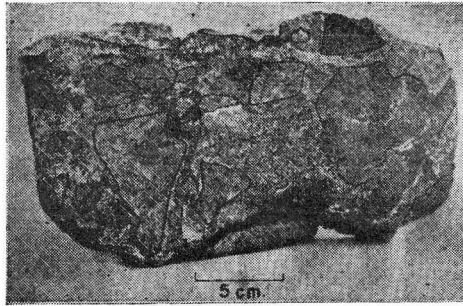
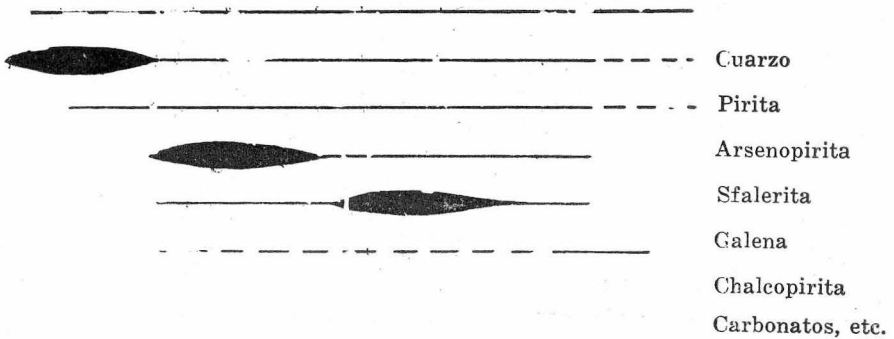


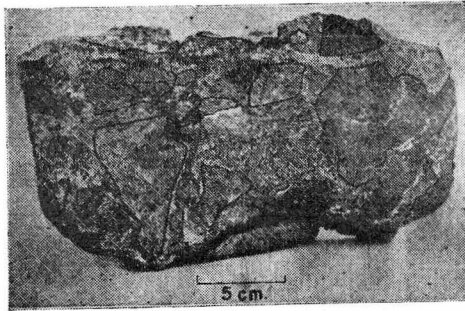
Fig. 9(a) superior: Esfalerita bandeada de la veta Murciélago, nivel 3ro., las áreas sombreadas son cristales de esfalerita que cruzan las capas de diferente composición y color sugiriendo que cristalizaron de un estado originalmente coloidal.

9(b) inferior: Esfalerita de grano grueso de la veta West Pacasmayo, nivel 5to. La roca regional silicificada está reemplazada por esfalerita en grandes cristales euhedrales.

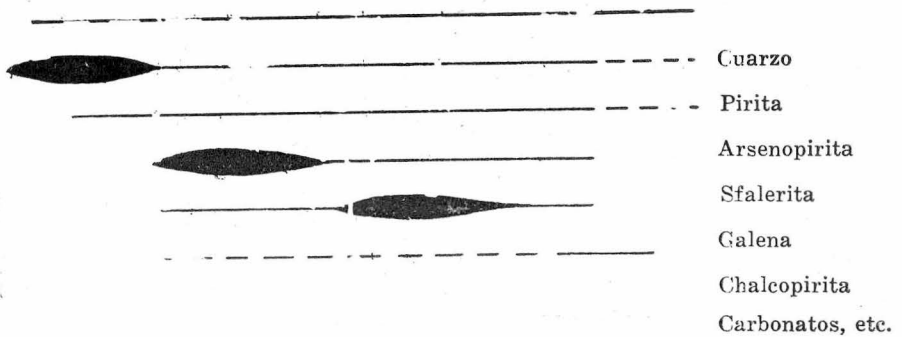


10.—Mena brechosa de la veta Pacasmayo, los fragmentos de brecha están delineados en negro. El material intersticial es en su mayoría galena con drusas de cuarzo dispersas (manchas blancas).





10.—Mena brechosa de la veta Pacasmayo, los fragmentos de brecha están delineados en negro. El material intersticial es en su mayoría galena con drusas de cuarzo dispersas (manchas blancas).



Secuencia en la Deposición de los Minerales de Veta

Ninguna secuencia de deposición simple bien definida puede establecerse para los minerales de las vetas de Chilete, aunque en general varias secuencias separadas son evidentes en casi cualquier lugar de las vetas. Sin embargo, para cualquier secuencia simple dada, son aplicables las siguientes observaciones. El cuarzo fué probablemente el primer mineral de veta depositado, ya que aparece veteadado y reemplazado por los primeros minerales sulfurosos. Se depositó durante todo el período de mineralización y se presenta finalmente en vetillas cortando los sulfuros, y en drusas. La pirita también fué depositada durante toda la secuencia pero parece que ha sido formada en su mayor parte en el primer período, ya que es más abundante como cristales enhedrales o ligeramente corroídos embebidos en esfalerita y galena. La arsenopirita aparece en ambos tanto al principio, formando cristales auhedrales en esfalerita y galena, como al final, en vetillas y drusas. La esfalerita y galena fueron depositados durante el mismo período; pero la esfalerita es generalmente anterior y está veteadada por la galena. La calcopirita aparece en vetas cortando a ambas, esfalerita y galena, pero la calcopirita de grano muy fino diseminada en la esfalerita puede haber sido formada por exsolución de la esfalerita. Los minerales de ganga menos importantes son todos tardíos y se encuentran principalmente en drusas. Las relaciones de edad de los minerales están esquematizadas en la figura 11.

Variación de la Mineralización en Profundidad

El total combinado de plomo-zinc contenido por las cuatro vetas mayores (Murciélagos, Pacasmayo, West Pacasmayo y Esperanza) parece que no varía sistemáticamente con la profundidad. Por el contrario cada una de estas vetas tienen aproximadamente el mismo contenido metálico combinado a lo largo de todas sus extensiones verticales conocidas y además todas ellas tienen casi el mismo porcentaje combinado de plomo y zinc.

FRANK S. SIMONS

CUADRO 2

Radio Zn/Pb en vetas individuales en varios niveles

Veta	Nivel	Nº de Ensayes	Radio Zn/Pb
Murciélago	2	29	2.60
"	3	137	
"	4 (bolsonada NW)	85	2.64
			2.54
"	4 (bolsonada SE)	177	2.50
"	5 (bolsonada NW)	72	3.91
			4.38
"	5 (bolsonada SE)	137	4.62
Pacasmayo	1	75	1.83
"	3	203	2.25
"	4	151	8.25
"	5	40	9.44
West Pacasmayo	1	23	1.85
"	3	160	1.59
"	4	180	3.09
"	5	104	4.32
Esperanza	3	43	1.65
"	4	93	5.03
"	5	91	4.16
Hualgayoc	5	38	3.26

CUADRO 3

Radio Zn/Pb en cada nivel por varias vetas

Nivel	Veta	Radio Zn/Pb
1	Pacasmayo	1.83
	West Pacasmayo	1.83
2	Murciélago	2.60
3	Murciélago	2.31
	Pacasmayo	1.45
	West Pacasmayo	1.59
4	Esperanza	1.65
	Murciélago	2.59
	Pacasmayo	8.25
	West Pacasmayo	3.09
	Esperanza	5.03
5	Murciélago	4.38
	Pacasmayo	9.44
	West Pacasmayo	4.32
	Esperanza	4.16
	Huaygayoc	3.26

Todas las vetas muestran, sin embargo, una notable variación en la proporción de zinc a plomo en profundidad; el zinc en relación al plomo es considerablemente más abundante en los niveles 4º y 5º que en cualquiera de los niveles más altos. El cuadro 2 muestra la relación zinc-plomo en cada veta a diferentes niveles; y el cuadro 3 muestra esta relación en cada nivel de las diferentes vetas. En general cada veta muestra un fuerte incremento en la relación Zn/Pb entre el nivel 4to. y el inmediato superior (cuadro 2); este incremento en la veta Murciélago se presenta entre los niveles 4to. y 5to. A un nivel dado todas las vetas, excepto la ve-

ta Pacasmayo en los niveles 4to. y 5to. y la veta Esperanza en el nivel 4to., tienen aproximadamente la misma relación Zn/Pb (cuadro 3). Verticalmente no se han encontrado variaciones en los tipos de esfalerita o de los minerales menores contenidos, excepto que la arsenopirita parece ser más abundante en el nivel 5to. que en cualquier otro. La uniformidad de variación en las diferentes vetas y la similitud de su contenido total de plomo-zinc sugiere que todas las vetas fueron formadas durante un mismo período de mineralización.

U. S. Geological Survey
Washington, D. C.
Nov. 1, 1954.

BIBLIOGRAFIA

- 1.—Alvarez Calderón, G. (1952) The Chilete unit of the Northern Peru Mining and Smelting Co.: Peruvian Times, Vol. 12, N° 618-619, p. 3-4, Lima, Perú.
- 2.—Málaga Santolalla Fermín (1905) Importancia Minera de la Provincia de Cajamarca: Cuerpo de Ingenieros de Minas del Perú, Bol. 31, p. 21-37, Lima, Perú.
- 3.—Rock-color chart, (1948), distributed by the National Research Council, Washington, D. C.
- 4.—Palache, Ch., Bernan, H. and Frondel, C. (1944) Dana's System of Mineralogy: 7th ed., Vol. 1, JohnWiley & Sons, New York.