

*A Monsieur André Bravo
En hommage de respectueux dévouement
B. Mabire*

SOCIEDAD GEOLOGICA DEL PERU

SEGUNDO CONGRESO NACIONAL DE GEOLOGIA

ANALES — PARTE I

Tomo 36

151-185

Lima, 1961

LA "SERIE DE CAPAS ROJAS" CRETACEO—TERCIARIAS EN
LOS ANDES CENTRALES DEL PERU

por

BERNARD MABIRE

CONTENIDO

Sommaire	151
Abstract	152
Agradecimiento	153
I Introducción	153
II Estratigrafía de la Serie Roja	157
III Origen de los materiales de la Serie Roja	158
IV Litología y Sedimentología de la Serie Roja	159
V Conclusión: ¿Un antiguo Desierto Costero?	182
VI Breve ensayo de Síntesis: Historia Geológica de los Andes Centrales del Perú, a grandes rasgos	184

SOMMAIRE

Dans les Andes Centrales du Pérou, autour du Centre Minier de Huaron entre autres, une région de quelques centaines de kilomètres carrés est modelée dans une puissante série de couches rouges a une altitude comprise entre 4200 et 5000 metres.

La découverte de fossiles, au début de 1960, dans des calcaires lui appartenant, permet de lui attribuer un âge probablement Crétacé Supérieur, mais aussi, du moins pour le haut de la série, possiblement Tertiaire.

Les caractères de ces couches rouges sont nettement désertiques: "Huaycos" fossiles, etc.

Cependant, dans la moitié supérieure de la série, apparaissent les lentilles de calcaires marins (globigérines) de la Formation Antajirca, qui ont livré les fossiles (Lamellibranches, gastéropodes).

Le paysage de ces régions était donc, vers la fin du Crétacé et possiblement le début du Tertiaire, celui d'un Désert Côtier que parfois envahissait la frange mouvante du Pacifique ancien (Transgression Cénomaniennne?).

Ce tableau présente une très forte analogie avec l'actuelle côte du Pérou, désert remarquable bordé d'un littoral instable qui avance ou recule, selon les époques ou selon les régions.

On peut donc penser que, depuis des temps très anciens, la Bordure Pacifique du Pérou a connu des conditions climatiques et paléogéographiques relativement constantes, malgré leurs fluctuations, et assez analogues à celles qui règnent actuellement.

Ceci peut s'expliquer par la grande ancienneté de certains phénomènes marins ("Affleurement" d'eaux froides; "courant du Pérou" peut-être), qui régissent le climat actuel de la Côte Péruvienne; et aussi, possiblement, par l'existence d'anciennes Cordillères ayant formé, comme forment aujourd'hui les Andes, barrière climatique.

ABSTRACT

In the Andes of Central Peru, in the vicinity of the mining center of Huarón, a somewhat extensive region is carved within an important series of red beds.

The discovery—in early 1960—of fossils within limestones ("Antajirca Formation") appertaining thereto, has made it possible to attribute these beds a probably Upper Cretaceous age, but also, at least for the upper part of the series, possibly Tertiary.

The characteristics of these red beds are clearly desertic: fossil "Huaycos", etc. Nevertheless, in the upper half of the series, there appear the marine limestone lenses of the Antajirca Formation.

The landscape of these regions was therefore, by the Upper Cretaceous and possibly the early Tertiary, that of a coastal desert occasionally invaded by the moving littoral of the ancient Pacific (Cenomanian Transgression?).

This picture offers a very strong resemblance with the present coast of Perú, quite desertic, bound by an unstable littoral which in the course of time moves forward or backward.

One can thus think that, since a very remote time, the Pacific Border of Peru has known of climatological and paleogeographical conditions relatively constant, in spite of their changes, and very similar to those prevailing nowadays.

The above may be explained by the great antiquity of certain marine phenomena (Cold water Emerging; "Current of Perú") which regulate the present climate of the Peruvian Coast; and maybe also, by the existence of

ancient mountain ranges which could have constituted, as the Andes do now, a climatological barrier.

AGRADECIMIENTOS

Cette étude a été discutée avec le Professeur Werner Ruegg, qui nous a constamment aidé de ses suggestions.

Nous remercions également MM. Cox et Jefferies, du British Museum (Natural History), qui ont bien voulu déterminer la microfaune et la macrofaune.

The present study has been discussed with Dr. Werner Ruegg, who favored it with his best interest and suggestions.

It is also my pleasure to extend my sincere gratitude to Dr. L. R. Cox and Dr. Jefferies of the British Museum (Natural History) for their most valuable cooperation in the determination of the micro and macrofauna.

El presente trabajo ha sido discutido con el Profesor Werner Ruegg, quien en todo momento brindó su mayor interés y sugerencias.

También me es honroso expresar mi gratitud por su desinteresada labor de determinación de la micro y macrofauna, a los Señores L. R. Cox y Jefferies, del British Museum (Natural History).

I — INTRODUCCION

En los Andes Centrales del Perú, en el Altiplano, en las proximidades del Centro Mínero de Huarón, se encuentra una región bastante extensa, modelada en una potente serie de capas rojas que oculta generalmente el substrato. La altura está comprendida entre 4200 y 5000 metros.

Hacia el Oeste parece que esta serie está cabalgada por las potentes calizas cretáceas de la Cordillera Occidental.

Hacia el Sur, las capas rojas desaparecen —¿por contacto de falla o más bien quizá por recubrimiento?— al llegar al límite de las capas probablemente volcánicas, tan bien representadas en la región de Río Pallanga.

Hacia el norte y hacia el este, los afloramientos rojos cesan bruscamente, dejando lugar al vasto macizo de vulcanitas que constituyen el "Bosque de Piedra". Sin embargo, por lo menos en un sitio (al Norte de la zona de Canchacucho) aparecen, en una zona deprimida de la vul-

canita, capas rojas arcillosas y conglomerádicas que constituyen tal vez la prolongación de las de Huarón. En este lugar dichas capas parecen reposar sobre calizas grises.

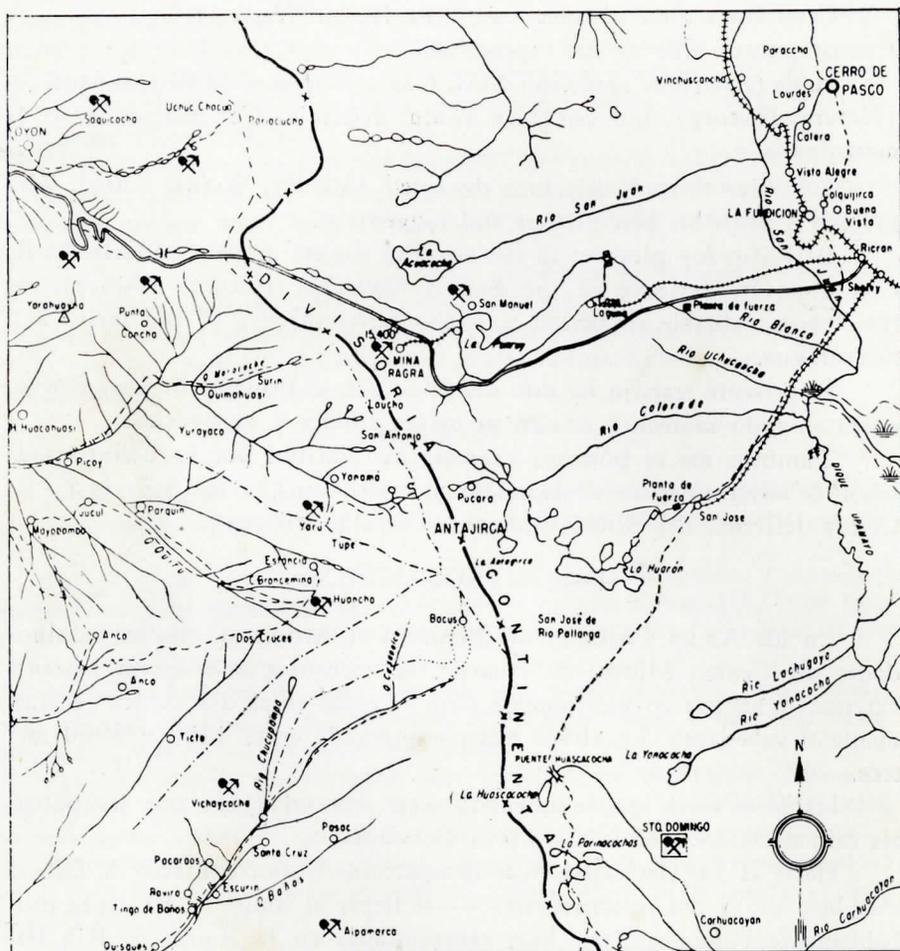


FIGURA 1

MAPA INDICE
DE LA REGION
OYON, ANTAJIRCA Y CERRO DE PASCO



De una manera general, la serie roja reposa probablemente en discordancia angular sobre el substrato. Es aquí que en Santo Domingo (mina de carbón a unos treinta kilómetros al sudeste de Huarón), una vasta depresión deja ver las capas rojas (lutitas, conglomerados, cherts) discordantes sobre calizas plegadas. En estas calizas (dentro de las cuales están interstratificados mantos de carbón), se encontraron recientemente fósiles en buen estado, en particular gasterópodos.

Durante mucho tiempo la edad de la Serie Roja fué dudosa. Se pensaba en el Terciario, pero sin pruebas absolutas.

A principios de 1960, una excursión organizada a los alrededores de Huarón, permitió el descubrimiento de fósiles (el primero de los cuales fué encontrado por el Estudiante Sergio Pastor).

L. R. COX, M. A., Sc. D., Departamento de Geología, British Museum, y R. P. S. JEFFERIES, quienes han tenido a bien estudiar estos fósiles, escriben (25 de Mayo de 1961):

"The fossiliferous samples which are the subject of this report were collected by Monsieur B. Mabire in March-April, 1960. The rock is a hard grey limestone containing specimens of a radially ribbed lamellibranch. Thin sections have also revealed the presence of abundant foraminifera and of a small, indeterminable gastropod.

The foraminifera, which have been examined by Dr. C. G. Adams, are ill-preserved Globigerinids. The geological range of the Globigerinidae is from Jurassic to Recent, but Adams considers that the forms present in this limestone, although not identifiable specifically, are suggestive of an Upper Cretaceous age.

The Lamellibranch species is suborbicular in outline, its diameter ranging up to about 29 mm., and is of rather feeble convexity. Its narrowly rounded ribs diverge almost symmetrically from the sub-medial umbo to the ventral margin. In thin section the shell is seen to have a lamellar structure. There is little doubt that this species belongs to the genus *Plicatula*, and it bears a close resemblance to *Plicatula auresensis* Coquand...".

"In view of the long geological range of the genus *Plicatula* (Triassic-Recent) and the fact that closely comparable species are found at widely separated geological horizons, the presence of a representative of this genus does not establish the geological age of the limestone samples now reported upon with any certainty. The tentative suggestion

may, however, be made that the limestone is of Upper Cretaceous, and possibly Cenomanian, age".

En una conversación con el Señor Werner Ruegg, el mismo Dr. L. R. Cox le dijo: "For me it is a rather Cretaceous fauna". "Very suggestive of upper Cretaceous".

Esta determinación permite delinear mejor en el Cretáceo Superior y posiblemente en el Terciario Inferior la historia de los Andes Centrales del Perú.

En la mitad superior de la Serie Roja se hallan intercaladas lentes de calizas que hemos llamado "Formación Antajirca". (ANTAJIRCA es el nombre de la zona, situada entre Huarón y Vichay Cocha, donde se encuentran mejor desarrolladas estas lentes). Es de estas lentes de donde provienen los fósiles.

La presencia de Globigerinas permite pensar que se trata de calizas marinas. Sin embargo las características de la Serie Roja son claramente desérticas: "Huaicos" fósiles, lentes de anhidrita, etc.

El cuadro de estas regiones era pues, hacia fines del Cretáceo y posiblemente principios del Terciario, el de un desierto costero, invadido a veces por el litoral movedizo del Pacífico Antiguo (¿Transgresión Cenomaniana?). Cuadro que presenta muy fuerte semejanza con la actual costa del Perú, casi completamente desértica, bordeada de un litoral inestable que, según las épocas y según las regiones, avanza o retrocede.

Por lo tanto, puede pensarse que desde tiempos muy antiguos la Costa Pacífica del Perú ha conocido, a pesar de numerosas fluctuaciones, condiciones climatológicas y paleogeográficas relativamente constantes, y bastante parecidas a las que prevalecen en la actualidad.

Lo anterior permite creer en la gran antigüedad de ciertos fenómenos marinos ("Surgencia" de aguas frías profundas; "Corriente del Perú" quizás) que actualmente regulan el clima de la Costa; y deja quizás creer también en la existencia de Paleocordilleras que pudieran haber formado antaño, como forman en la actualidad los Andes, una barrera climatológica.

En el curso del Terciario fueron plegadas las capas rojas, formando anticlinales y sinclinales normales, a veces de varias decenas de kilómetros de largo o cúpulas y cubetas de unos kilómetros. Los estratos están inclinados, en ocasiones hasta la vertical, pero generalmente mucho menos.

Importantes intrusiones de rocas ígneas de la familia de las dacitas,

han provocado un metamorfismo de contacto locamente importante. Estas dacitas han originado las mineralizaciones de la región.

Numerosas fallas, de diversas direcciones pero a menudo oeste-este aproximadamente, rompen este conjunto con saltos diversos. Estas fallas comprueban quizás un desplazamiento radial (de Continente a Océano Pacífico), como el del que habla Wisser.

Estas fallas, mineralizadas posteriormente, se transformaron en filones, los cuales pasaron por períodos de ruptura (brechas filonianas) seguidos de períodos de rellenamiento. Sus minerales son esencialmente sulfuros donde predominan galena, blenda y enargita. Las gangas son principalmente de cuarzo, calcita, carbonato de manganeso, etc.

La determinación de la edad de las capas rojas y las ideas así adquiridas relativas a la historia de los Andes del Perú, facilitarán posiblemente el estudio y la prospección de estos yacimientos metálicos.

En cuanto al relieve de la región, es moderado; corresponde a una penellanura terciaria la cual, después de haber sido elevada a su altura actual (entre 4000 y 5000 metros), estuvo cubierta de glaciares hasta fecha reciente.

La morfología glaciár es pues aún muy fresca, y la torrencial todavía poco desarrollada.

II — ESTRATIGRAFIA DE LA SERIE ROJA

La Serie de Capas Rojas muestra, de abajo hacia arriba:

A) Una formación de lutitas y areniscas rojas, de espesor variable (unos cien metros en Santo Domingo; pero probablemente varios centenares de metros en el Anticlinal de Huaychao). Esta es la "SERIE ROJA INFERIOR".

B) Un nivel de conglomerados silíceos, que más que un banco continuo, es una sucesión de lentes a veces extensos. La potencia de este nivel llega a unos seis metros.

C) Algunas decenas de metros de lutitas rojas y areniscas rojas, bien visibles en el flanco Este del Anticlinal de Huaychao.

D) La "Formación Chagacancha", sucesión irregular de lentes (a veces grandes, a veces ínfimas), calcáreas o silicificadas, o conglomerádicas.

E) Varios bancos, poco espaciados, de conglomerados silíceos; siendo dos de ellos, de varios metros de espesor, particularmente visibles.

F) Una potente formación (de varios centenares de metros de espesor), de capas rojas (areniscas, lutitas), similares a las citadas en (A). Esta formación es bien visible entre Huayllay y Huarón, así como entre las faldas occidentales del Corpus (región de Huarón), y el frente Este de la Cordillera Occidental. Esta es la "SERIE ROJA SUPERIOR".

G) La "Formación Antajirca" se halla en esta Serie Roja Superior; sobre todo hacia arriba, pero a veces también relativamente cerca de la base. La constituyen numerosas lentes calcáreas (en algunos sitios silicificadas).

H) Unas pocas lentes de sulfatos se encuentran en la parte más alta de esta Serie Roja Superior.

III — ORIGEN DE LOS MATERIALES DE LA SERIE ROJA

Es posible que la naturaleza de los diferentes componentes de la Serie Roja haya dependido de la profundidad de la erosión en la región de las rocas madres.

La Serie Roja Inferior puede provenir de la destrucción de las capas detríticas (areniscas y lutitas grises y rojas bastante gruesas) que yacen sobre las cuarcitas con capas de carbón del Cretáceo Inferior.

Los conglomerados, que forman un conjunto de bancos o lentes estratigráficamente próximos unos de otros, en el corazón de la Serie Roja, provienen muy factiblemente de la erosión de las cuarcitas del Cretáceo Inferior (que constituyen una formación compacta, única). Estas cuarcitas son generalmente de un color gris claro. El color rojo (a menudo superficial) de una parte de los cantos, puede explicarse por la oxidación en el curso de un largo transporte al aire libre en clima desértico.

La Serie Roja Superior puede provenir de la erosión del substrato primario, bastante próximo en estas regiones (Las cuarcitas cretáceas reposan a veces directamente sobre el primario o sólo están separadas de él por capas relativamente delgadas). La Formación Mitu, por ejemplo (Permiano), está compuesta de rocas rojas.

IV — LITOLOGIA Y SEDIMENTOLOGIA DE LA SERIE ROJA

A) LÚTITAS Y ARENISCAS

Ellas forman, en alternancias múltiples, la mayor parte de la Serie Roja. Las lutitas son probablemente más abundantes que las areniscas.

Lutitas: "Partículas de arcilla coherentes por compresión. Se exfolia en láminas delgadas, paralelas al plano de estratificación" — (Von Engel et Caster, "Geology", 1952). Su grano es muy fino, a menudo invisible. La dureza es mediana. La efervescencia al ácido clorhídrico es variable: a veces nula, a veces fuerte. No hay huellas evidentes de materias carbonosas, ni tampoco se han encontrado hasta la fecha fósiles en ellas. Su color es rojo mate o rojo-rosado. Sin embargo, muy frecuentemente se encuentran, a lo largo de innumerables fisuras, zonas verdosas, ocres o blanquecinas, por reacción entre la roca y las aguas infiltradas. Además, se advierte la presencia bastante frecuente de pequeñas impregnaciones verdes (de milímetro cúbico a centímetro cúbico), a veces acompañadas de pequeñas cavidades. Este fenómeno podría ser atribuido a una reducción *in situ*, de óxidos de hierro de la roca, por un fragmento de materia orgánica. Esta es una simple hipótesis.

En cambio, parecen faltar los niveles verdes del tipo descrito por el Sr. Dean Williams en su descripción del 20 de Abril de 1949 "Depósitos Continentales Terciarios del Alto Valle Amazónico", depósitos que son "de origen predominantemente continental, de agua dulce":

"Las partes gris-verdosas de la sección ocurren, además de manchas y rayas, como grandes masas tabulares o discontinuamente interestratificadas, de limolitas. En las condiciones actuales de deposición, extensiones de aguas dormidas se llenan gradualmente de fango en el cual van entremezcladas grandes cantidades de material vegetal. El enterramiento y compresión dan por resultado que el material carbonoso en los sedimentos actuaría como agente reductor, resultando en una gran masa tabular de roca gris-verde, encerrada en sedimentos rojos".

La ausencia de tales formaciones en las capas rojas de la región de Huarón, tiende a reforzar la hipótesis de que se trata de un depósito en una zona de escasa vegetación y probablemente desértica.

Areniscas: Los granos de las areniscas son a veces de cuarzo, pero con mayor frecuencia son restos de rocas probablemente volcánicas, roji-

zas o en ocasiones blanquecinas. Estos granos pueden ser bastante gruesos, y la roca pasa entonces a ser un microconglomerado.

Además, ocurre que se encuentren elementos aislados en la masa de areniscas: cantos de cuarcita, bien rodados, similares a los de los conglomerados; o fragmentos de lutita roja, de algunos milímetros o centímetros, de formas a veces gastadas, a veces angulosas. Esos elementos arcillosos, aunque fácilmente destructibles, no han sido desleídos al momento de la deposición de las areniscas. ¿Puede ello ser una indicación de sedimentación en un clima desértico? La dureza de las areniscas es mediana, o, a veces, fuerte. El color es más frecuentemente rojo mate. Sin embargo, a lo largo de las fisuras, son frecuentes las zonas descoloridas, blanquecinas o amarillentas. Además, existen ciertas zonas o estratos que presentan muy abundantes "Liesegang Rings" con anillos marrones, a veces bastante numerosos (hasta unos diez), ciertas veces acompañados de una tendencia a la alteración en bola. La estratificación en bancos bastante gruesos. Estratificaciones entrecruzadas, importantes o pequeñas, son frecuentes.

"Ripple marks" son raramente visibles, pero a veces son abundantes en ciertas capas y a veces espléndidos (particularmente al Oeste de la Laguna Quimacocha, aproximadamente al nivel estratigráfico de la Formación Antajirca). Dichos "Ripple marks" muestran una clara diferencia entre crestas y senos; crestas relativamente agudas, senos anchos, de fondo plano. Las crestas y los senos están localmente aplastados. Huellas cóncavas, de forma suave, a veces de unos doce centímetros de largo y cinco de ancho se encuentran separados por espacios de varios centímetros, irregulares al parecer. Estas huellas son evidentemente de la misma edad que los "Ripple marks" y se formaron cuando estos últimos estaban aún plásticos. ¿Marcan estas huellas el paso, o el reposo en el fondo del agua, de un animal? Tal cosa parece muy posible. Sin embargo, hasta ahora no hemos encontrado fósiles ni huellas de materias carbonosas. Estos "Ripple marks" podrían ser eólicos. Sin embargo, sus características, así como la proximidad de lentes calcáreas de la Formación Antajirca, hacen pensar en un medio acuático, lagunar o, quizá, marino.

ALGUNAS CARACTERISTICAS COMUNES A LUTITAS

Estructura y distribución: Las lutitas y las areniscas, más bien que verdaderos estratos forman lentes, a veces muy grandes, pero más a menudo pequeñas.

Morfología: Las lutitas y las areniscas dan formas bastantes suaves; pero los bancos más duros dan resaltes que pueden alcanzar algunas decenas de metros.

Mineralización difusa: Las areniscas y las lutitas contienen a veces, diseminados, pequenísimos cristales de pirita. Esto, en la proximidad de zonas metamórficas. No hay, que sepamos, mineralización en las zonas alejadas de todo metamorfismo.

Metamorfismo: Las lutitas y las areniscas pasan progresivamente, en las zonas de batolitos dacíticos, a ser rocas duras, de aspecto jaspeado (manchas verdes, muy irregulares, de límites nítidos o no; en un "cemento" gris, rosáceo o ligeramente violáceo; estas manchas se ordenan a veces en nódulos perfectamente redondeados, mostrando a menudo estructuras concéntricas subrayadas por silicatos verdes y a veces por aureolas de diminutos cristales de pirita). La estructura de esta roca metamórfica, así como la transición gradual a la roca sedimentaria inicial, con todas las formas de transición, descartan la hipótesis de un origen singenético de las impregnaciones verdes.

Falsos conglomerados: Los nódulos que acaban de ser descritos, han sido la causa de que se tome a veces esta roca por un conglomerado. Es inútil decir que se trata de una ilusión.

Medio de formación de las Areniscas y Lutitas: El carácter detrítico de estos sedimentos, su disposición en lentes, las estratificaciones entrecruzadas, los "Ripple marks", hacen pensar que se hayan formado en un medio acuático costero, o en un medio continental (ya sumergido parcialmente en lagunas; ya al aire libre en cuencas de sedimentación cólica o aluviones de piedmont); o, más verosíblemente, en una alternancia de estos diversos medios.

La pirita que se encuentra a veces en estos sedimentos, en impregnación difusa, no es singenética; no indica pues nada sobre las condiciones de deposición.

La ausencia de restos vegetales diferencia estas capas de aquellas continentales terciarias pero de "origen predominantemente continental de agua dulce" de la Amazonía, que contienen a veces "grandes pedazos de madera carbonizada y petrificada" (M. Dean Williams).

El color rojo pudo haberse originado tanto en un ambiente húmedo (como el de la Amazonía), como en un medio desértico (como el del Sahara).

La presencia de lentes de anhidrita o yeso, la ausencia de fósiles, las características de la formación Chagacancha intercalada en estas capas rojas, evocan un medio desértico.

Y es posible que los importantes conglomerados que vamos a describir, sean formaciones de piedemonte.

B) CONGLOMERADOS

Son delgados si se les compara con el conjunto de la Serie Roja. Forman, más cerca de la base que de la parte alta de esta serie, un grupo bastante concentrado en el sentido vertical de bancos y lentes próximos unos de otros estratigráficamente. Entre estos conglomerados se destacan dos estratos principales, de varios metros de espesor y que más o menos se encuentran a través de toda la región.

Los diversos estratos y lentes están separados por capas de lutitas y areniscas. Además, entre los dos estratos principales se intercala la Formación Chagacancha (separada de los conglomerados por dos capas de lutitas o areniscas rojas, de algunos metros o decenas de metros de espesor).

Sin embargo, parece que localmente (zona de Chagacancha), la formación Chagacancha se encuentra encima de los dos estratos principales de conglomerados.

Elementos de los conglomerados: Cantos rodados

Estos cantos son en gran mayoría de cuarcita gris o rojiza (al menos superficialmente). El color rojizo es el resultado de una oxidación probablemente en el curso de un largo período de transporte al aire libre y, posiblemente, en clima desértico. Que tal oxidación sea posible, aún en estas cuarcitas, es indudable, pues ciertos cantos, rojizos en su periferie, son en el centro perfectamente grises. Aunque muy duros, estos cantos son, siempre, bien redondeados y bien lisos. (Exceptuando las importantes deformaciones y trituraciones debidas a los plegamientos posteriores a la deposición). Parece pues que hubo un transporte largo e importante de estos elementos.

Las dimensiones de estos cantos varían entre varios centímetros cúbicos y un décimo de metro cúbico, aproximadamente. Por lo tanto, su peso puede llegar a varios centenares de kilogramos.

Todo esto parece demostrar un transporte en un medio denso: ¿flujos de lodo nacidos de violentas tempestades del desierto?

El origen de estos cantos está probablemente en las muy importantes capas de cuarcitas del Cretáceo Inferior. Actualmente, la Cordillera Occidental, a varios kilómetros al Oeste del corazón de la región de las Capas Rojas, es la zona más cercana donde afloran estas cuarcitas. Por otra parte, en ciertas zonas (al Oeste de Huaychao por ejemplo), ocurre que los elementos sean en gran mayoría de una roca volcánica rojiza, y bien rodados en cuantos de regular tamaño. Además, los elementos calcáreos constituyen un porcentaje pequeño pero constante de los cantos de los conglomerados en toda la región.

Existe un tipo curioso de cantos calcáreos, frecuente sobre todo en los afloramientos al Sudeste de Huarón (por ejemplo, entre San Carlos y España). Se trata de elementos bien rodados, de núcleo de caliza gris y de corteza silícea (¿ópalo?, ¿calcedonia?), que se infiltra en el núcleo calcáreo, bajo la forma de apófisis muy irregulares. La explicación más razonable es que los cantos calcáreos han sido parcialmente silicificados, a partir del exterior; ya sea después del depósito del conglomerado de las Capas Rojas, ya sea en un conglomerado más antiguo, demolido, que haya contribuido con sus restos a la formación que describimos. ¿Denota este fenómeno de silicificación un metamorfismo regional?, o más bien, es contemporáneo con la deposición de los conglomerados?

El cemento de los conglomerados es semejante a las areniscas y lutitas ya descritas.

Transformaciones en los conglomerados: Las transformaciones mecánicas son debidas a los plegamientos posteriores a la deposición. La trituración es a veces intensa, al punto que en ocasiones es difícil distinguir los cantos. Sin embargo, los fragmentos están soldados entre sí.

No son excepcionales los cantos presionados. Los cantos silíceos se presionan mutuamente por vía mecánica. Mucho más raramente se encuentran cantos calcáreos penetrados por los cantos silíceos por vía físico-química.

Las transformaciones químicas tienen lugar en las proximidades de las zonas mineralizadas. A veces la materia de los cantos es reemplazada totalmente por sulfuros (por ejemplo, en ciertos puntos de la bolsónada mineralizada "Corpus" en Huarón). Esta sustitución puede ser diferencial, probablemente como consecuencia de diferencias en la composición inicial de la materia transformada; hemos visto, en su sitio, lado a lado, dos cantos totalmente substituídos, uno por galena pura, el otro por blenda pura.

También el cemento puede ser transformado: recristalizaciones (es difícil entonces distinguir, en la masa vuelta homogénea, los cantos del cemento); impregnaciones a veces notables, de pirita y quizás otros sulfuros: blenda, galena. La substitución por sulfuros puede ser tan importante, que el conglomerado se vuelve un verdadero mineral, rico y explotable (Corpus, en Huarón).

Sin embargo, en conjunto, los conglomerados resisten mucho mejor que las otras rocas a las transformaciones metamórficas.

Microconglomerados: Además de las lutitas, las areniscas y los conglomerados, la Serie Roja presenta a veces microconglomerados con pequeños elementos redondeados, a veces de cuarcita, pero más frecuentemente abigarrados y volcánicos probablemente.

Fósiles de los conglomerados: En la región de Huarón, entre San Carlos y España, existen cantos calcáreos de corteza silíceo que son fosilíferos, (tanto en el núcleo como en la corteza): Gasterópodos, lamelibranchios. No se sabe de dónde provienen estos cantos, y su edad es desconocida. Evidentemente, pueden ser mucho más antiguos que el conglomerado mismo.

Medio de formación de los conglomerados: Los conglomerados parecen haberse formado o en un ambiente acuático poco profundo (como por ejemplo, depósitos litorales en mares costeros o en vastas lagunas intracontinentales), o en uno continental probablemente desértico, donde las grandes tempestades permiten importantes esparcimientos en la superficie del suelo ("depósitos de piedemonte").

El hecho de que el grueso de estos conglomerados esté agrupado sobre una posición estratigráfica bastante restringida, que comprende además la Formación Chagacancha, parece indicar un episodio particular:

¿Transgresión marina que haya facilitado el transporte, a lo largo de la costa, de cantos que pudieron haber venido de lejos?

¿Establecimiento de vastas lagunas intracontinentales?

¿Período particularmente abundante en tempestades?

¿Emergencia de una región vecina, fuente abundante de materiales?

O, más posiblemente, variación en la fuente de materiales: Después de la erosión de las capas detríticas abigarradas que recubren las cuarcitas del Cretáceo Inferior, exposición a la intemperie y erosión de estas últimas.

C) LA FORMACION CHAGACANCHA

Esta compleja formación calcárea, silícea, conglomerádica a veces, está compuesta de numerosas lentes. Está bien representada entre Huarón y la aldea de Chagacancha. De ahí el nombre que le hemos dado.

El término "formación" parece preferible a las palabras "estrato", "capa", o "piso", puesto que se trata de lentes que, además, parecen encontrarse a alturas algo diferentes unas de otras en la serie estratigráfica.

Harrison habla de esta formación, a propósito de la región de Santo Domingo, en su estudio sobre la Geología del Camino entre Canta y Huayllay" (Boletín N° 9 del INIFM, Lima 1953, página 28, renglón 16).

Relaciones con la Morfología: Las calizas de la Formación Chagacancha dan, sobre todo cuando están silicificadas, crestones a veces imponentes (en Francois, por ejemplo), o muy notables pequeñas cuevas (en el sentido geológico de la palabra).

La distribución horizontal es bastante amplia. Va por lo menos, de la región de San José de Huarón y de Huaychao, hasta la región de Santo Domingo. Es decir por lo menos sobre una extensión de unos treinta kilómetros.

Distribución vertical: Estratigráficamente, la Formación Chagacancha es vecina de las formaciones de conglomerados que hemos descrito, e incluso esta intercalada entre ellas. Puede pues pensarse en una relación genética entre estas diferentes rocas.

Por otra parte, las diferentes lentes no fueron formadas todas en la misma época.

La Formación Chagacancha no es pues una referencia estratigráfica absolutamente segura. Además, a menudo está ausente; pero se desdobra en ciertas regiones (Santo Domingo).

Por otra parte, existe a veces una confusión posible entre las facies silicificadas de esta formación, y las facies silicificadas de la Formación Antajirca. Y, en ciertos casos locales, muy raros, pueden confundirse calizas silicificadas y filón síliceo.

Sin embargo, una vez que se le sabe seguir a través de sus diferentes aspectos, la Formación Chagacancha es una referencia esencial que permite descifrar la estructura de la región.

Facies de la Formación Chagacancha: Las lentes son de dimensiones variables: El largo varía entre algunos decímetros (bloque calcáreo aislado, envuelto en lutitas y areniscas rojas), y algunos kilómetros (Santo Domingo). El espesor varía entre algunos centímetros y unos veinte metros, según las lentes. Una cifra frecuente es seis metros.

Las distancias que separan las lentes van de varias decenas de metros (en Chagacancha por ejemplo), a varios centenares de metros (Huarón), o varios kilómetros (San José de Huarón).

En la región de Santo Domingo la formación se desdobra. Los dos estratos, silicificados, macizos, uniformes, tienen cada uno un espesor de diez metros aproximadamente. Entre ellos se intercalan unos treinta metros de lutitas y areniscas rojas.

En la región de Chagacancha, la formación es ya un conglomerado, ya una caliza localmente silicificada. En la región de Huarón es sobre todo un conglomerado.

En las regiones de San José, Huaychao, François, San Carlos, España, Santo Domingo, la formación es ante todo una caliza a veces completamente silicificada, un *CHERT*, en grandes lentes o estratos lenticulares, de doce a unos veinte metros de espesor como máximo. Estas diversas facies van a menudo asociadas. Es así como pueden verse las siguientes agrupaciones: Conglomerados, areniscas y calizas. Conglomerados calcáreos y conglomerados síliceos. Calizas (más o menos silicificadas) y, en su interior, lentes arcillosas rojas o verdes.

En cuanto a la estratificación, es a veces bastante clara, siguiendo en casos el abombamiento de la lente (por ejemplo, los conglomerados arriba de la extremidad Este de la Laguna Huarón). Pero con más frecuencia la estratificación es confusa.

A veces, la estructura tiende a ser entrecruzada (por ejemplo, arriba de la extremidad Este de la Laguna Huarón).

Composición de la Formación Chagacancha

A) Por otra parte, esta formación consiste de rocas no detríticas: Calizas y cherts.

La caliza es gris, dura, de grano muy fino, forma lentes más o menos potentes (hasta de unos veinte metros) y más o menos extensas (de varios metros a varios kilómetros).

En la caliza, aunque maciza, se aprecian a veces indicios de estratificación, puestos en relieve por la corrosión atmosférica. La caliza esta frecuentemente silicificada, transformada en chert: sea parcialmente (impregnaciones a menudo muy irregulares), sea localmente; a veces totalmente, y en ciertos casos sobre kilómetros.

La *silicificación parcial* en el interior de las calizas presenta formas en general amebianas: ya sea impregnaciones silíceas más o menos aisladas, en forma de amebas; ya sea, si la transformación es más avanzada, roca en gran parte silicificada, donde no quedan más que inclusiones todavía calcáreas, que presentan formas amebianas ellas también.

Si estas inclusiones calcáreas son disueltas por la interperie, no queda más que una masa silícea perforada por numerosos huecos. Las dimensiones de las formas amebianas van de unos milímetros a unos pocos decímetros.

La *silicificación local* se presenta a veces en forma de pequeñas lentes incluídas dentro de las formaciones calcáreas. Sus dimensiones van de unos centímetros a unos decímetros de espesor, y varios metros de largo. A veces estas lentes están rodeadas únicamente de calizas (más o menos intactas o más o menos silicificadas); a veces descansan sobre una de las lentes de arcilla roja o verde incluídas en la formación calcárea: ¿Será esto una casualidad, o el indicio de un determinismo preciso?

Los *cherts* son, según la definición de Von Engeln et Caster, "precipitados de sílice, generalmente bajo forma de fajas o nódulos en las calizas. Puede ser primario, pero generalmente es secundario".

En la Formación Chagacancha los cherts se encuentran bajo forma de ópalo o calcedonia, y localmente de cuarzo. Su grano es extremadamente fino, prácticamente invisible. La fractura fresca es de color gris, blanquecino, o azulado.

¿Se produjo la silicificación poco después del depósito, o al contrario, mucho después, por un metamorfismo a la vez regional (alejamiento de las rocas ígneas) y diferencial? (puesto que las rocas encajonantes parecen no metamorfizadas).

Cuando se ve, en facies de conglomerados de la misma formación, una gran cantidad de elementos de los cuales unos son totalmente silicificados (chert) y otros quedaron absolutamente calcáreos, estando juntos sin embargo, uno se pregunta si el metamorfismo puede ser a tal punto diferencial, y tiene uno la tendencia a creer en una silicificación más o menos contemporánea del depósito de las calizas, anterior a la erosión de éstas y a la formación de los conglomerados de la misma formación.

Hagamos observar que en la Formación Antajirca existen cherts análogos a los arriba descritos, lo que da origen a posibles confusiones.

Por otra parte, entre las rocas no conglomerádicas de la Formación Chagacancha, existe en ciertos puntos una *facies curiosa, muy finamente estratificada*, de origen posiblemente químico y detrítico a la vez. Esto ocurre en la zona de España (varios centenares de metros al Este del camino Huayllay-Canta). Ahí se ven en ciertos sitios, en la parte superior del chert macizo, bolsas poco voluminosas (del orden de un metro cúbico), conteniendo una roca silicificada, muy dura, de fractura concoidea y cortante, gris o gris amarillenta, de grano casi invisible, o completamente invisible a simple vista. Su característica más notable es que presenta una estratificación extremadamente tranquila y de una extraordinaria finura (es corriente contar más de cien láminas sobre diez centímetros; nosotros pudimos ver 137 láminas sobre un corte de 10 centímetros, que incluía sin embargo una lámina relativamente gruesa de 15 milímetros). Esta roca parece haberse depositado en depresiones (de disolución tal vez) de la formación ya endurecida y aún no recubierta por las capas rojas. El color, gris y no rojo, no sugiere una arcilla de descalcificación.

Puede imaginarse que después de su deposición química en el fondo de una depresión, la lente calcárea se expuso al aire libre; y que en el interior de sus cavidades superficiales, probablemente llenas de una agua absolutamente quieta, pudieron acumularse polvos traídos por el viento o finos productos de escorrentía. Así se explicaría la finura del grano y de la estratificación.

B) Por otra parte, la Formación Chacagancha incluye, en menor

cantidad que los depósitos químicos, lentes de *conglomerados de elementos muy diversos*:

Diversos por su origen, pues se encuentran: fragmentos o bloques de calizas; cantos de cuarcitas grises, blancas, rojizas; fragmentos de lutitas rojas y areniscas rojas; bloques pequeños de calcita filoniana.

Diversos por la forma, pues se encuentran: elementos muy bien rodados (cuarcitas; a veces calizas); elementos muy poco rodados (calizas) de fractura fresca.

Diversos por el tamaño, pues hay: elementos muy grandes (calizas): hasta de medio metro cúbico, y quizás un metro cúbico. Elementos medianos (calizas; cuarcitas muy frecuentemente) de varios decímetros cúbicos, elementos pequeños (cuarcitas; calizas).

Según los sitios, predominan los elementos silíceos. Pero ambos van siempre asociados.

C) Por otra parte, la Formación Chagacancha muestra a veces, en el interior de las calizas, *lentes arcillosas rojas o verdes*. Estas lentes tienen unos decímetros de espesor y unos metros de largo.

No es excepcional hallar una disposición que indica quizá un ciclo como el siguiente:

De abajo hacia arriba:

Caliza gris.

Caliza rojiza combinada con vetillas arcillosas rojas.

Arcilla roja (¿ambiente oxidante?).

Arcilla verde (¿ambiente reductor?).

De nuevo, caliza gris.

La presencia de estas lentes en la caliza y la estratificación arriba descrita, surgieren un medio de deposición a veces químico (caliza); o a veces detrítico (arcilla); a veces reductor y a veces oxidante; posiblemente debido a variaciones en las dimensiones de la laguna. Puede pensarse que se trata de depósitos continentales, en lagunas poco profundas y en clima desértico.

Localmente esas lentes de arcilla sirven de substrato a las zonas lenticulares completamente silicificadas en el interior de la caliza.

¿Puede ser una casualidad, o, al contrario, la señal de un determinismo preciso en la sedimentación?

Relaciones entre Formación Chagacancha y rocas encajonantes: Ellas son generalmente bastante claras: interstratificación normal, contacto ne-

to. Por ejemplo, en la región de Santo Domingo. Pero no es raro que tales relaciones sean complejas.

A) *A veces el paso es progresivo*: Es así que una de las pequeñas lentes al Este de la Laguna Llacsacocha, cerca de Huarón, muestra en su base una transición entre las lutitas rojas y la caliza (silicificada) de la lente, sobre un espesor del orden de un decímetro, bajo la forma de una alternancia fina, aunque algo confusa, de láminas delgadas arcillosas rojas y láminas delgadas calcáreas.

B) *A veces parece existir una discordancia angular entre lente y substrato*: Por ejemplo, en la zona de Chagacancha, en los declives que dominan la extremidad Este de la Laguna Huarón.



Foto 1.—Uno de los lentes de la Formación CHAGACANCHA, en los "Red Beds" de los Andes Centrales. Lugar: Región de Huarón: Este de la Laguna Llacsacocha. El personaje a la izquierda da la escala. En esta lente la formación es esencialmente conglomerádica, con bloques de diferentes naturalezas (calizas, cherts, cuarcitas), y de tamaños a veces importantes (hasta medio metro cúbico). Esos conglomerados hacen pensar en los HUAICOS del actual Desierto Costanero Peruano.



Foto 2.—Una vista de detalle del lente de la ilustración 1. La pluma fuente está colocada en posición vertical, con la tapa hacia arriba. El gran canto rodado de cuarcita ha venido probablemente de lejos; nótese su fuerte inclinación. En la parte inferior de la foto, elementos angulares de caliza y de chert, no habiendo sufrido transporte importante. El cemento, rojo, es una arcilla endurecida.

En este lugar, la Formación Chagacancha está representada por una lente visible, en corte, sobre varias decenas de metros, y constituida de conglomerado (elementos calcáreos en grandes bloques angulosos y en múltiples fragmentos de menor talla; cantos de cuarcita bien rodados; cemento de lutita roja). El lado inferior de esta lente es fuertemente abombado. El lado superior es más o menos plano. Esta lente, de varias decenas de metros de largo, reposa sobre la extremidad de capas de areniscas rojas con un buzamiento de 35 grados aproximadamente. Existe pues discordancia angular. Pero no parece tratarse de una discordancia tectónica:

Si las areniscas del substrato están inclinadas a 35 grados, es probablemente que se hayan depositado bajo este ángulo, a la manera de arenas de dunas, de desmontes o de ciertos depósitos costeros. Quizá se trate de depósitos de flanco de valle, y tal vez los conglomerados de la Formación Chagacancha hayan terminado de llenar este valle.

Por otra parte, al Este de la Laguna Llacsacocha, una o dos lentes de conglomerados de bloques calcáreos, muestran un buzamiento más acentuado (de unos quince grados aparentemente) que las capas rojas encajonantes.

Condiciones de formación de la Formación Chagacancha

Origen de los elementos:

A) Cantos de cuarcita que pueden venir directamente de las cuarcitas del Cretáceo Inferior, o indirectamente, por recuperación de elementos de los conglomerados subyacentes. Estos cantos tienen a veces más de 30 centímetros de diámetro. ¿Por qué agente pudieron haber sido transportados? ¿Por corrientes de agua? ¿Flujos de lodo esparciéndose libremente en el curso de tempestades del desierto? ¿Las corrientes marinas costeras?

B) Fragmentos de lutitas rojas y areniscas rojas que provienen del substrato mismo.

C) Calizas que en parte están *in situ*, no removidas. Lo demuestra su estructura, así como ciertas características de detalle (transición entre roca del substrato y caliza, en ciertos casos). Son restos de un depósito químico y aunque es una pura suposición, quizás orgánico. Después de

su formación, tal depósito pudo ser fuertemente erosionado. Probablemente es así como se explica la existencia de elementos indudablemente removidos, en ciertas lentes.

Estos elementos, envueltos en un cemento rojo proveniente casi con certeza de lutitas del substrato, son siempre angulosos y no rodados lo que demuestra un transporte muy corto. Por lo demás, estos elementos se encuentran en lentes siempre muy próximas a lentes de caliza (silicificadas o no) maciza, *in situ*. Dichos elementos son en gran mayoría pequeños; pero pueden alcanzar un metro cúbico.

¿Por qué agente pudieron haber sido transportados? ¿Por la gravedad? Se trataría entonces de desmontes originados en calizas *in situ* próximas.

¿Por flujos de lodo? Es éste un fenómeno clásico en los desiertos y en ciertas montañas, y en el Perú da actualmente muy buenos ejemplos de él. En el Desierto Costero Peruano, las tempestades, muy raras (algunas por siglo) pero torrenciales, provocan en pocos minutos la formación de "HUAICOS", flujos de lodo que arrastran bloques a veces enormes, que conservan sus formas angulosas.

¿Dónde y cómo se depositaron estas formaciones?: En una vasta región de rocas rojas (areniscas y lutitas), probablemente no muy lejos del mar, pero, al parecer, en su mayor parte al aire libre.

Su clima era probablemente desértico: En ciertas épocas, en las lagunas se depositaban calizas quizás silicificadas poco después de su formación.

Después, como consecuencia de evaporación o de emersión, estas calizas volvían a hallarse al aire libre. Entonces podían depositarse en sus cavidades superficiales, los depósitos tan finamente estratificados como se ven en "España".

Al mismo tiempo, al aire libre o bajo aguas poco profundas, agitadas, estas calizas *in situ* eran destruidas parcialmente, dando los elementos que, transportados por la simple gravedad, o por las aguas, o por los flujos de lodo, han formado las lentes de conglomerados de la Formación Chagacancha. Los valles o depresiones se prestaban ciertamente a esta acumulación; a lo cual se debe probablemente la forma lenticular y también las discordancias que se observan.

Este ciclo se repitió en diversas épocas; y cada lugar, cada época, conoció probablemente sus modalidades particulares. Hasta ahora no se

ha encontrado ningún fósil en estas formaciones, lo que demuestra probablemente condiciones físico-químicas rigurosas, consecuencia del clima desértico; en lo cual son profundamente diferentes de la formación que vamos a describir ahora.

D) LA FORMACION ANTAJIRCA

A diferentes alturas de la Serie Roja Superior, se encuentran localmente intercaladas lentes de caliza, a veces extensas, con variaciones de espesor frecuentemente rápidas; a las que hemos dado el nombre de "Calizas Antajirca", tomando el nombre de la zona (en la región de Huarón) donde por primera vez, que sepamos, se encontraron fósiles en estas calizas (24 de Marzo de 1960).

Estos fósiles, determinados en el British Museum, son probablemente del CRETACEO SUPERIOR.

Relaciones con la Morfología:

Estas lentes, cuando son delgadas, se confunden a menudo con las capas rojas que las rodean. Pero, cuando su espesor alcanza un metro o más, producen la formación de "cuestas" (en el sentido geológico de la palabra) de varios metros y a veces de varias decenas de metros de altura (por ejemplo al Norte de la Laguna Quimacocha, y, sobre todo, en la zona de Antajirca).

Distribución horizontal:

De este a oeste, aparecen:

A) Una pequeña lente aislada, sobre los declives que dominan Trapiche, al Este del camino de Huayllay a François.

Espesor: de varios decímetros a un metro.

Extensión visible: unas decenas de metros.

B) Algunas decenas de pequeñas lentes, en la zona de la aldea de Ugochuccho, arriba (Norte) de François.

Espesor: de varios decímetros a un metro aproximadamente.

Extensión visible: de varios metros a unas pocas decenas de metros.

C) Varias decenas de lentes al Este y al Norte de Huaychao, y en la región del Norte de la Laguna Shegui.

Espesor: de varios decímetros o dos metros aproximadamente.

Extensión visible: de varias decenas de metros a un centenar de metros aproximadamente.

D) Al Norte de la Laguna Quimacocha, numerosas lentes (varias decenas), a diferentes alturas estratigráficas.

Espesor: varias miden unos decímetros. Las principales son de varios metros (hasta una decena).

Extensión visible: de varias decenas a varios centenares de metros.

E) Por último, las alturas de ANTAJIRCA (4800 a 5000 metros de altura aproximadamente, entre Huarón y Vichay Cocha, están coronadas, sobre varios kilómetros, por lentes calcáreas pequeñas o grandes.

Espesor: de unos metros a varias decenas de metros —y quizás más.

Extensión visible: de unas decenas de metros a varios centenares.

De este grupo provienen los fósiles estudiados

Fósiles:

Hasta ahora no se han encontrado fósiles en las lentes situadas más al Este de las alturas de Antajirca. ¿Es a falta de una búsqueda suficiente? ¿O es que el ambiente se hacía progresivamente desfavorable a la vida a medida que crecía la distancia que lo separaba del alta mar? Porque el alta mar debía encontrarse hacia el Oeste, tal como ahora en los bordes peruanos del Pacífico. Esto explica tal vez el escaseamiento y empequeñecimiento de las lentes, a medida que va uno hacia el Este en dirección de las antiguas orillas.

Distribución vertical de la Formación Antajirca:

Las lentes calcáreas se encuentran a diferentes alturas estratigráficas en la Serie Roja Superior. Las más antiguas que conocemos están situadas a 200 metros aproximadamente arriba de la Formación Chagacancha. Las más recientes se encuentran en la zona más alta (después de la erosión) de las Capas Rojas.

Repeticiones locales:

No es excepcional que varias lentes calcáreas se escalonen, más o menos sobre una misma sección pero a alturas estratigráficas diversas.

Estas lentes están separadas por capas de areniscas, lutitas rojas, y a veces microconglomerados, ya de varios metros o decenas de metros de

espesor, ya de varios decímetros solamente. Es así como al Noroeste del Cerro Campanario (Oeste de la Laguna Yanapoma, región de Huarón), se pueden contar unas quince lentes de caliza gris, delgadas (varios decímetros), cuya extensión es de unas decenas o centenares de metros cuando mucho. Estas lentes se encuentran diseminadas dentro de las capas rojas (areniscas, microconglomerados, lutitas; contacto claro y fuerte entre éstos y las calizas), sobre una altura estratigráfica del orden de un centenar de metros.

Series de tan numerosas lentes delgadas son sin embargo excepcionales. Generalmente, las repeticiones no incluyen más de tres o cuatro niveles de varios metros de espesor (a menudo constituídos en realidad de varias capas).

Es así que en la zona al Norte de la Laguna Quimacocha, parece haber tres grupos calcáreos principales (de los cuales uno puede alcanzar un espesor de unos diez metros), escalonados en las capas rojas, sobre una altura estratigráfica de más de cien metros.

Tales concentraciones en una misma zona, contrastando con otras regiones de capas rojas que no presentan sino muy pocas lentes calcáreas, tienen probablemente una causa paleogeográfica. ¿Indican estas concentraciones que ciertas zonas eran afectadas por una subsidencia que favorecía la inmersión y la sedimentación? ¿Y podría corresponder esta subsidencia al hundimiento de fondos de sinclinales en vía de plegamiento?

Las lentes repetidas de la zona de la Laguna Quimacocha y Cerro Campanario, se encuentran más o menos en un fondo sinclinal. Igualmente, la lente de Trapiche está próxima de un fondo, el mismo donde se encuentran las lentes de sulfatos.

Por el contrario, las lentes de Ugochuccho se encuentran igualmente lejos del eje sinclinal que del eje anticlinal.

En cuanto a la región de Antajirca, es de una estructura compleja. Cabe en consecuencia preguntarse: ¿cuál es, en la distribución de repeticiones, el papel de las estructuras?

Textura de las calizas de la Formación Antajirca.

Estas calizas, de dureza bastante alta, son estratificadas. En ciertos bancos, la estratificación es hasta extremadamente fina: láminas muy nítidas, del orden de un milímetro de espesor. Es así que en los 42 milí-

metros de una muestra, hemos podido contar 34 láminas; y, sobre 10 milímetros de otra muestra (zona de la Laguna Yanapoma), unas 30.

Sin embargo, la mayoría de los estratos presenta una textura mucho más maciza. Por ejemplo, en la zona Quimacocha-Campanario, las lentes delgadas están constituídas frecuentemente de un estrato único de caliza compacta, de unos decímetros de espesor.

En cuanto a las lentes gruesas de esta misma zona, están compuestas de estratos compactos, de unos decímetros de espesor (hasta un metro aproximadamente), entre los cuales se intercalan a veces las capas finamente estratificadas.

Los fósiles de Antajirca fueron descubiertos en un estrato compacto, subyacente a capas de muy fina estratificación (milimétrica, con pliegues del orden de un decímetro).

Micropliegues:

Minúsculos pliegues probablemente singenéticos, afectan ciertas capas de la Formación Antajirca.

A) Los niveles muy finamente estratificados parecen particularmente afectados. Presentan frecuentemente pliegues en miniatura, del orden de un decímetro; muy nítidos sin embargo (por ejemplo en Antajirca).

¿Son estos fenómenos contemporáneos con la sedimentación? Es bastante probable, puesto que estas capas plegadas están generalmente intercaladas entre bancos de estratificación absolutamente rectilínea. (Existen sin embargo en ciertos sitios capas calcáreas con pliegues en miniatura, no rodeadas de capas calcáreas: Es así que entre la Laguna Pauyac y Huaychao, una lente calcárea bastante grande, de un metro de espesor aproximadamente, aislada en las capas rojas y presentando una estratificación plana y regular, muestra en una zona muy localizada (largo visible: dos metros aproximadamente), un intenso y complejo plegamiento sobre todo el espesor de la lente).

B) Ciertos estratos compactos (sin estratificación fina), presenta igualmente micropliegues: Es así como una de las lentes de Wishcash Huaian (Norte de la Laguna Yanapoma) muestra un estrato, de unos 60 centímetros de espesor, donde la corrosión por las aguas de escorrentía ha recalcado un plegamiento interno muy nítido; el cual, por otra parte, no implica al parecer un aumento del espesor del estrato.

Composición química de la Formación Antajirca:

Ella consiste de carbonato de calcio y posiblemente otros elementos (No tenemos análisis).

En la región de Huarón contiene pequeñas cantidades de plomo-zinc (del orden de medio por ciento). ¿Son singenéticas o epigenéticas y en relación con el metamorfismo?

Silicificación:

Localmente, las calizas están silicificadas. Por ejemplo, en la región entre Huaychao y la Laguna Yanapoma, al pie del flanco Noroeste del Corpus. Pero en Antajirca no hemos encontrado ninguna silicificación.

La transformación es, ya sea local (nodulosa o en plaquitas delgadas), ya sea total (afectando un estrato por completo, aunque frecuentemente los estratos adyacentes no sean silicificados).

Es así que en Wishcash Huaian (Norte de la Laguna Yanapoma), pueden verse, sobre una altura estratigráfica de unos treinta metros, las tres formaciones lenticulares siguientes:

A) La más antigua es esencialmente de una caliza gris, compacta. Pero, casi en todas partes, esta caliza contiene innumerables pequeñas conexiones silíceas aisladas (del orden de un centímetro cúbico). Existen sin embargo algunas zonas pobres en concreciones. Estas dos facies cambian de una a otra, en un metro aproximadamente. El contacto es neto entre caliza y capas rojas encajonantes. El espesor de la lente es del orden de dos metros y su extensión visible es de más de un centenar de metros.

B) La lente intermedia está localizada a unos quince metros (estratigráficamente) de la lente más antigua. Más compleja, muy probablemente, de caliza. En su base, sin embargo, se ven en algunos sitios restos de una caliza gris, compacta, que pasa bruscamente a la facies silicificada. En varios sitios hay restos muy nítidos de una muy fina estratificación, también silicificada.

Localmente se ve perturbada esta estratificación por micropliegues (del orden de un decímetro), afectados al parecer por una minúscula falla interna del estrato. Las capas encajonantes no están plegadas.

En ciertos sitios se ven pequeños cuerpos redondeados, incluidos en la masa silicificada de la cual sólo se distinguen por el color. Tienen un diámetro de unos milímetros. ¿Son dichos cuerpos de origen orgánico, o son simples concreciones? El contacto es neto entre esta lente y las capas rojas encajonantes. Su espesor es de uno a dos metros, y la extensión visible es de unos pocos centenares de metros.

C) La lente superior se encuentra a unos quince metros (estratigráficamente) encima de (B). Está formada de dos estratos claramente separados, de unos cincuenta centímetros de espesor cada uno. El estrato inferior, macizo, es de color gris. El estrato Superior macizo, completamente silicificado, es gris negro. El contacto entre los dos estratos es sin embargo al menos en ciertos lugares, progresivo (por silicificación local de la zona límite del estrato calcáreo). El contacto es neto entre lente y capas rojas encajonantes.

El ejemplo de estas tres lentes, vecinas unas de otras, muestra la irregularidad de la silicificación. ¿Es la silicificación síngenética, o bien es debido a un metamorfismo regional y muy diferencial?

Color de las calizas de la Formación Antajirca: La fractura fresca es generalmente gris.

Alteración de las calizas. Presentan: una alteración química moderada: disolución superficial (pero no hay arcilla de descalcificación visible). El color de la superficie alterada es gris, beige; negruzco a veces; y en ciertas ocasiones, un hermoso marrón claro.

Relaciones de la Formación Antajirca con las rocas encajonantes

El contacto de las calizas con las capas rojas es a menudo neto sin ninguna transición, sino paso brusco en una fracción de milímetro.

Sin embargo, a veces hay transición, en unos centímetros, por una roca intermedia, más o menos calcárea, más o menos arcillosa, más o menos rojiza.

Por lo demás, una misma lente puede, según el lugar, mostrar contactos variados. Es así que entre Lavandera (Huarón) y la Laguna Yanapoma, bajando del paso al pie Norte del Corpus, se ven delgadas lentes (espesor del orden de un decímetro), mostrando, ya un contacto neto (del orden de un milímetro) entre caliza y lutita roja; ya un paso progresivo (en unos diez centímetros).

En cuanto a los extremos de las lentes, son generalmente poco visibles (recubrimiento por depósitos de declives), pues, siendo delgados, no sobresalen.

Ensayo de interpretación paleogeográfica de la Formación Antajirca

¿Se trata de calizas marinas o lagunares?: El ambiente era tranquilo, en ciertos períodos a lo menos como lo indica la finura de la estratificación.

¿Qué indica la fauna? La presencia de GLOBIGERINAS sugiere un medio probablemente MARINO.

¿Cuáles son las relaciones con la tectónica? Ciertas zonas habrían sido favorables al depósito, por ser subsidentes (por ejemplo: ¿fondo de un sinclinal en vía de plegamiento?).

Las diversas características de las lentes que acabamos de describir, pueden explicarse por un medio marino costero, bordeando un desierto costero al que invadía de tiempo en tiempo, temporalmente, dejando detrás de sí un rosario de lagunas aisladas.

E) LENTES DE SULFATOS

Blanquecina, la roca es de anhidrita o de yeso. Indica un ambiente de formación desértico, cálido.

Distribución horizontal: Actualmente, no conocemos tales lentes más que en la zona de Trapiche, entre Huayllay y François (no lejos de la lente más oriental de la Formación Antajirca). Ahí, aparecen al Oeste del camino, en el flanco de la pequeña quebrada ahuecada por el torrente.

La galería 4235 que va de San José a Huarón, atraviesa esta formación (ver corte por el Sr. R. C. Picard, San José de Huarón, 1º de Febrero 1954 — Archivos de Huarón). En esta zona las capas están poco inclinadas, pues ahí está localizado el fondo del gran sinclinal tan visible entre San José y François, tanto sobre el terreno como en la galería.

¿Existe una relación genética entre la localización de estas capas y la estructura de la región? De ser así, ello probaría que desde la época de estos depósitos, la depresión donde se acumulaban tenían un origen in-

terno, correspondiendo probablemente a un hundimiento del fondo sinclinal.

No podemos nosotros demostrar esta hipótesis. Pero al menos es aceptable: Durante un período tan largo como el requerido por la formación de la enorme serie de capas rojas, y en una región tan inestable como la Andina, deben haberse producido perturbaciones.

Distribución vertical: Las lentes de sulfatos se encuentran en la parte más alta de la Serie Roja Superior (limitada, en verdad, por la actual superficie de erosión). ¿Indica esto la transición de un ambiente continental (pero en proximidad del Océano), a un ambiente definitivamente continental, anunciando el levantamiento de los Andes?

Por otra parte, el hecho de que puedan encontrarse, en una misma zona, sobre una misma vertical, al menos cuatro o cinco ciclos semejantes (cada ciclo comprendiendo, de abajo hacia arriba: arcilla roja, arcilla verde, sulfato), indica que esta zona tenía cierta tendencia a hundirse en la época del depósito. Algo que estaría de acuerdo la posición sinclinal de estos depósitos.

Disposición y relaciones con las rocas encajonantes: Las lentes tienen varias decenas de metros de largo (a lo largo del corte; pero pueden ser mucho más largas perpendicularmente al corte, si al menos se han depositado en lagunas alargadas, lo que es muy posible). La potencia de las lentes va de unos centímetros a dos metros. Hasta cuatro o cinco lentes pueden encontrarse en una sección, separadas por estratos de unos metros de arcilla rojas y verdes. Y la disposición de los estratos es la misma en los varios casos. En efecto, se ven, de abajo hacia arriba:

Arcilla roja (varios metros).

Arcilla verde (de varios decímetros a un metro).

Sulfato.

Y de nuevo los mismos componentes.

Es cierto que las series pueden estar incompletas: Arcilla roja, arcilla verde, en seguida otras arcillas rojas (no sulfato). Pero de todas maneras, esta disposición sugiere la noción de ciclo.

Ensayo de interpretación paleogeográfica de los Sulfatos

Es en una zona deprimida, quizás con tendencia subsidente, que se depositaron los sulfatos. Puede pensarse que esta zona era a veces más o

menos seca, a veces cubierta de aguas poco profundas. En este ambiente oxidante, los finos elementos detríticos daban capas de arcilla roja. Venía después un período en que la capa de agua aumentaba de espesor; el ambiente se volvía entonces reductor, y los depósitos se efectuaban bajo forma de arcilla verde. Después, la capa de agua no recibía más elementos detríticos (por lo menos en la zona alejada de las riberas).

En este medio tranquilo, cálido tal vez, sobresaturado en todo caso, venían a concentrarse los productos disueltos en la superficie del desierto por las raras lluvias. Entonces podía tener lugar el depósito químico.

Y el ciclo se repetía: ambiente de nuevo poco profundo (¿por evaporación?) después más profundo (¿por subsidencia o simplemente como consecuencia de un período de lluvias?); medio oxidante y, después reductor; depósitos detríticos, y después esencialmente químicos.

V CONCLUSION: ¿UN ANTIGUO DESIERTO COSTERO?

Es cierto que en esta Serie de Capas Rojas que acabamos de recorrer no se han encontrado nunca hasta la fecha esos "guijarros facetados" tan típicos de la erosión eólica en los desiertos; ni de esas "películas de arcilla reseca y resquebrajada, enrolladas y después envueltas así en las arenas, demostrando que esta arena ha sido traída "por vía seca", es decir por el viento" (M. Gignoux).

Por otra parte, los depósitos de sulfato, las lutitas, las areniscas, los conglomerados, las estratificaciones entrecruzadas pueden formarse en un ambiente no desértico.

El color rojo en fin, puede tomar origen en medios diversos, a veces altamente húmedos (como por ejemplo en la Amazonía actual).

Y sin embargo, la Serie Roja de las proximidades de Huarón puede explicarse bastante armoniosamente por un ambiente de formación continental desértico, similar, por ejemplo, al de la "Old Red Sandstone" de Europa, o análogo al del actual Sahara, tales como los describe magníficamente Maurice Gignoux en su "Geologie Stratigraphique" (Paris, 1950):

"El nombre de Viejas-areniscas-rojas se aplica a una formación extremadamente gruesa, que alcanza a veces varios millares de metros, y constituída por alteraciones de conglomerados, de areniscas más o menos

toscas, a veces feldespáticas (arkosas) y de margas o esquistos; todos estos sedimentos son generalmente de colores vivos, rojos o amarillos, con las zonas verdes o violetas habituales en casos semejantes.

“La fauna es muy especial y monótona: es un tipo de fauna empobrecida”.

“Los antiguos geólogos ingleses habían admitido, con Geikie, que estas formaciones, tan diferentes del Devoniano de fauna marina que se desarrolla más al Sur, eran lacustres. . . Pero, sobre el borde meridional del dominio de las Viejas-areniscas-rojas, puede constatarse que estas areniscas vienen en cierto modo a engranar con el Devoniano marino, es decir, que contienen intercalaciones de fauna marina normal. Se rechazó pues la hipótesis lacustre y se consideraron esas Viejas-areniscas-rojas como una especie de “facies de transgresión” del mar devoniano”.

“En la actualidad, en particular bajo la influencia de J. Walther, los geólogos están más o menos acordes en ver en esta formación depósitos CONTINENTALES, más o menos DESERTICOS”.

“Y podría uno comparar este continente de Viejas-areniscas-rojas, a la extensa zona que se extiende actualmente de las costas Atlánticas del Sur de Marruecos hasta la Mesopotamia a través del Sahara y del Desierto de Lybia. Ahí, inmensas extensiones, regidas por las solas acumulaciones eólicas, se entierran bajo gruesas dunas de arenas amarillas y rojas, de estratificación entrecruzada, de granos redondeados y deslustrados, característica que les distingue de las arenas fluviales y que los petrógrafos ingleses han descubierto en sus areniscas devonianas”.

“Alrededor de los macizos montañosos desérticos, las lluvias de tempestades, raras pero violentas, dan origen a formidables acumulaciones de depósitos torrenciales conglomerádicos; más lejos estas aguas, llegando a depresiones cerradas, forman ahí lagunas temporales y depositan margas, a las cuales vienen a agregarse los polvos transportados por los vientos. A menudo hasta se forman capas de sales (yeso y sal gema), como se observa en las Viejas-areniscas-rojas de los países Bálticos”.

“A veces vienen a intercalarse, en las “Red-marls” (“Margas rojas”) del Devoniano Inferior del País de Gales y en el Devoniano Superior de las Lowlands de Escocia, capas irregulares de calizas rojizas, concrecionadas, y más o menos brechiformes: estas “cornstones” son probablemente análogas a las “costras calcáreas” de los países secos actuales”.

“Para precisar los diversos aspectos que debía presentar este Continente de las Viejas-areniscas-rojas, ciertos autores evocan también los desiertos actuales de las mesetas de Bolivia o del Sur de Australia, con sus inmensas lagunas temporales, reducidas a casi nada durante los períodos de sequía”.

VI BREVE ENSAYO DE SINTESIS: HISTORIA GEOLOGICA DE LOS ANDES CENTRALES DEL PERU, A GRANDES RASGOS

Después de una historia larga y compleja, apareció, a fines del Cretáceo y principios del Terciario, después de la erosión de las Cordilleras Cretáceas, una llanura, que desierto y mares poco profundos se disputaban.

Esto es, al parecer, lo que dicen las capas rojas, los extraños HUAICOS fósiles de que probablemente está hecha en parte la Formación Chagancha, las lentes de sulfatos; y, aquellas reliquias de costas cambiantes de un Pacífico Antiguo, las calizas de la formación Antajirca.

¿Es verdad que, en el mundo entero y en el curso de la historia de la Tierra, las Series Rojas parecen desarrollarse muy particularmente después de las orogénesis?

Volviendo a los Andes, vino en seguida —y tal vez desde la segunda mitad de la formación de las capas rojas— un período de orogénesis. Los pliegues, la trituración de los duros cantos de cuarcitas de los conglomerados, dan de ello testimonio. En consecuencia, la gruesa cubierta plástica de sedimentos rojos, quedó combada.

En la misma época, la Cordillera Occidental cabalgaba el borde Oeste de la Meseta Andina, empujando sobre el Cretáceo-terciario potentes capas de calizas cretáceas. En ciertos lugares, subieron intrusiones de rocas ígneas, controladas quizá por los anticlinales, y que provocaron en las capas rojas un metamorfismo local rico en minerales verdes.

La cubierta terciaria, ya tan maltratada, fué además cizallada por importantes fracturas, cuya frecuente dirección Este-Oeste indica quizás este desplazamiento radial (de Continente a Pacífico) que ha sido comprobado en otras regiones. Posteriormente mineralizadas, estas fallas produjeron filones, los cuales conocieron diversos períodos de ruptura (brechas filonianas) y de rellenamiento.

Un muy largo período comenzaba, menos agitado quizá en las profundidades. Pero al desatar su pleno poder las fuerzas destructoras de la superficie, las montañas fueron arrasadas.

En el curso del Terciario, un abombamiento de la corteza terrestre apenas sensible a la escala del Globo, pero formidable a la escala humana, llevó la penillanura a gran altura. Así nació la Meseta Andina. Meseta huraña. Sus cinco mil metros se recubren de hielos que por todas partes marcan intensamente el relieve.

Después, en el curso de los últimos millares de años, el hielo se retiró, dejando innumerables lagos, ciénagas y morrenas. Esta morfología glaciár está casi intacta todavía sobre la Meseta Andina.

Pero, sobre los bordes de la Meseta, tanto en las altas cordilleras como entre los contrafuertes que descienden al Océano o a la Amazonía, los torrentes hacen estragos. Lenta, pero inexorablemente, la erosión regresiva extenderá su mordedura hasta el corazón de la Meseta Andina. Y las punas desoladas, y los sonrientes valles perfumados de eucaliptus, no serán más que recuerdos derrumbados en profundos cañones.

Solas —repegadas al flanco de alguna quebrada solitaria—, algunas terrazas dirán todavía con sus tierras coloradas, que ahí, en otros tiempos, corrió, sobre las grandes llanuras que a veces invadía el Océano, el viento del desierto.