

## SECCION DE MINAS

---

# Mineralogía de Sur América

Por Frederick H. Pough

Artículo inédito enviado para "DYNA" por el Comité Interamericano de Publicación Científica.

Traducción del Ingo. Oscar Duque  
Profesor de la Facultad

Lo complejo del desarrollo biológico en áreas aisladas del mundo crea en la mente del público poco familiarizado con los procesos y principios geológicos la impresión de que un continente debería tener caracteres distintivos en sus depósitos minerales; tan distintivos como los de sus plantas o animales. Esto, por supuesto, no es verdad, porque las leyes de la física, la química y las matemáticas son universales, y son tan verdaderas en Buenos Aires como lo son en Londres o Nueva York. Los aproximadamente 92 elementos estables están distribuidos ampliamente en el mundo. Condiciones locales tienden a crear concentraciones locales, pero visto desde un amplio punto de vista científico todos los elementos representan a través del mundo, y se combinan entre sí para formar compuestos relativamente estables, conocidos como minerales (cuando se encuentran en estado natural) de la misma manera, en todas partes. De aquí, que las especies minerales no sean tan numerosas como las biológicas. Sílice y oxígeno combinados en cristales hexagonales forman el cuarzo, bien sea que esto ocurra en el suelo de Georgia o bajo las llanuras del desierto de Paraíba.

Este hecho simplifica grandemente el estudio e identificación de los minerales, y también hace que los problemas del mineralogista tengan una aplicación mundial; ya que lecciones aprendidas en las montañas de Alaska pueden aplicarse en los Altiplanos Bolivianos a la localización de una veta. Cualquiera que sea el campo de investigación, un especialista puede trabajar con todo éxito en cualquier parte y muchos viajes y estudio son esenciales para una mejor comprensión de las complejas leyes de la formación de los minerales.

A no muy grandes profundidades de la superficie de la tierra donde vivimos se podrían encontrar grandes tesoros, para siempre inalcanzables para el hombre ya que él no se puede mover libre-

mente hacia abajo como lo hace hacia arriba en el cielo o se mueve rápidamente a través de la tierra para cosechar el fruto de la ciencia mineral cuando se encuentran vetas descubiertas de tal manera que todos las puedan ver. De aquí que los viajes y el estudio sean esenciales; el hecho de que las leyes de la naturaleza sean universales hace que los viajes sean una de las obligaciones en la educación de los hombres. El medio ambiente y las condiciones geológicas cambian verticalmente; unos pocos kilómetros abajo de la superficie encontramos una zona de altas temperaturas y presiones, un poco más abajo las condiciones son tan distintas a las conocidas que formarnos un concepto de lo que allí sucede sobrepasa los límites de la comprensión humana. Nosotros no podríamos experimentalmente duplicar aquellas temperaturas y presiones porque los materiales que usamos no resistirán mucho tiempo.

Afortunadamente, los viajes son un buen sustituto para estos experimentos, ya que en diferentes partes del planeta encontramos sitios donde han tenido lugar grandes cambios en la corteza, donde grandes levantamientos han subido kilómetros cuadrados de roca a lugares en donde la fuerza de erosión del agua, el hielo y la alternación de calor y frío continúanamente en su afán de llegar a la meta nunca alcanzada de nivelar los lugares altos de la corteza terrestre. Rocas que estuvieron en un tiempo sumidas en las profundidades son desenterradas después de siglos de erosión. El estudiante que viaja suficientemente lejos puede ver las rocas que se forman varias millas debajo de sus pies y que de otra manera serían tan inobtenibles para él como las que están en la luna.

Los escritos de los antiguos romanos muestran que ellos, lo mismo que otros pueblos antiguos, clasificaban las piedras de acuerdo con el color, y agrupaban, por ejemplo, los rubíes y los granates en una misma clase. La mineralogía antigua conocía muy poco sobre el análisis mineral, si una substancia era dura y se parecía mucho a otra, ambas eran aceptadas como de la misma clase. Gradualmente, a través de los años, se ha venido desarrollando la mineralogía hasta alcanzar su estado actual de complejidad, una especialización tan intensa que hoy día ninguna persona es competente siquiera para hacer el estudio detallado y completo de un mineral. Si un mineralogista tratara de hacer el análisis químico, el análisis estructural, describir las propiedades físicas del mineral, su cristalográfica y sus relaciones paragenéticas (lo que ninguno haría) no quedaría bien hecho. La especialización requiere larga experiencia para llegar a la perfección, y una persona que haya perfeccionado su análisis químico no ha tenido tiempo para llegar a ser un experto en ningún otro

campo. De aquí que los estudios mineralógicos pueden incluir los conocimientos de media docena de expertos, cada uno trabajando en su especialidad, los resultados después de hacer integrados a un dato viene a ser la descripción de lo que puede resultar ser una especie nueva.

Por fortuna los minerales nuevos son muy escasos, y hoy día el trabajo de los mineralogistas tiene que ver, casi siempre, con el tratamiento de minerales ya muy bien conocidos. Además, los minerales nuevos que se encuentran son por lo general de tamaño microscópico, lo que hace que su valor económico sea prácticamente despreciable, y ellos le llaman la atención únicamente a los científicos. Sin embargo, como un corolario a lo anteriormente dicho sobre la universalidad de las leyes de la física, las cuales se cumplen uniformemente a través de toda la tierra, es obvio el hecho de que el geólogo mineralogista tiene una gran ventaja sobre los otros científicos cuando tratan de hacer estudios en tierras desconocidas.

Un período largo de orientación no se necesita antes de que se puedan empezar las investigaciones, no se necesita, por ejemplo, el tener que aprender todas las variedades descritas de los insectos de la localidad, antes de que pueda comenzar cualquier investigación, en el campo geológico. Las formaciones minerales son las mismas en todos los lugares de la tierra, y un mineralogista con experiencia sabe desde el primer momento que un terreno sedimentario no será una posible fuente de berilo, y que no debe perder su tiempo en prospecciones de rocas de sal y petróleo en una estructura pre-Cámbrica. Vetas de plomo y zinc, minerales de cobre, y diamantes tienen sus asociaciones y presentaciones características y las leyes geológicas de un lugar son las leyes de toda la tierra. En un estudio de la geología de Sur América se sabe de antemano qué minerales será posible encontrar y cuáles no.

El levantamiento del mapa geológico de Sur América apenas empieza, y sólo mapas generales de distribución de rocas se tienen y en algunos lugares donde depósitos de gran valor comercial han justificado el trabajo, se tienen mapas detallados. En un corto estudio es imposible enumerar todas las presencias de minerales de valor económico, en realidad de verdad sólo los más importantes se pueden mencionar especialmente cuando se trata de un continente del cual todavía se conoce muy poco. Un relato más detallado se encuentra en el libro "Mineral Deposits of South America" de B. L. Miller y J. T. Singewald. La mayoría de Sur América está geológicamente inexplicada y lo poco que se conoce sirve sólo como un índice de lo que en ella se podría encontrar. El levantamiento de un buen ma-

pa geológico requiere condiciones especiales, siendo entre ellas las más importantes las características especiales del país y la facilidad de poder ver lo que hay debajo de la capa de suelo y vegetación. La densa vegetación de la hoy a del Amazonas hace de ella un enigma geológico; el cual puede algún día llegar a ser la más rica fuente de minerales en las rocas sedimentarias, pero muchas generaciones pasarán antes de que sea prospectada cuidadosamente. El geólogo encuentra buenas condiciones para su trabajo, solamente en las tierras altas, y especialmente en aquellos lugares en donde el clima ha producido pendientes en las cuales las rocas se hallan al descubierto y hay buenos afloramientos. Nuestro estudio incluye solamente lo que hasta hoy es conocido, ¿quién sabe qué se descubrirá mañana?

Muchos depósitos minerales se encuentran asociados con las rocas más antiguas. Esto quiere decir que ellos se formaron a grandes profundidades, cuando las rocas fundidas se iban solidificando a medida que el magma se enfriaba y cuando ciertos elementos que se escapaban lentamente fueron retenidos y fijados cerca de su origen, bien sea en el magma que se fraguaba o en las rocas sólidas que bordeaban la masa líquida. Tales minerales incluyen los silicatos que son estables, inertes y resistentes, las micas, feldespatos, cuarzo, los compuestos raros tales como el berilo, turmalina, y topacios. Estos minerales por lo tanto se encontrarán solamente en los lugares donde una fuerte y larga erosión ha removido miles de capas de roca dejando ver en la superficie depósitos formados hace muchos siglos a muy bajas profundidades. Asociados con el berilo y el topacio se encuentran algunas veces la casiterita, el mineral de estaño, la wolframita, el mineral de tungsteno y uranita, el mineral que ha llegado últimamente a tomar tanta importancia. Las rocas verdaderamente antiguas en Sur América ocupan una gran parte del más extenso de sus países, Brasil, y se encuentran en una faja a lo largo de la costa, desde el norte donde se encuentran expuestas en los estados de Ceará y Río Grande del Norte, hasta San Pablo, y Argentina. Dentro de los confines de esta área se encuentran depósitos explotables de muchas de estas substancias.

Las modernas teorías sobre la formación del granito indican la posibilidad de que esta formación sea debida a la refusión de sedimentos muy profundos. Aun cuando no se acepte la teoría de la refusión de los sedimentos, sí es cierto que los granos meteorizados al ser calentados y comprimidos empiezan de nuevo a retornar a los minerales de los cuales proceden. Así tenemos lo que se llama metamorfismo, con los sedimentos blandos soldados en rocas metamórficas.

ficas compactas y masivas, atravesadas con diques intrusivos en forma de hojas delgadas de roca líquida procedente de las capas inmediatamente inferiores, así calentadas y alteradas las pizarras y calizas pierden toda la apariencia de lo que eran antes. El calentamiento, la intrusión del magma, y el contacto con materias volátiles, cambian las rocas antiguas al introducirles sustancias nuevas o cambiando las viejas, de tal manera que ya no se pueden reconocer como sedimentos. En algunos lugares masas ígneas se han introducido en mantos sedimentarios y los gases al tratar de escapar entran en contacto con rocas inestables cambiando éstas a nuevos compuestos y muy a menudo introduciendo minerales de valor económico. Encima de este mar de granito y muchas veces como formando islas y penínsulas en él se encuentran las rocas antiguas y en estos fragmentos residuales es donde se encuentran los minerales que caracterizan el metamorfismo. Por ejemplo, los granates, rutilo, staurolita, kianita y iolita, se pueden formar en estos sedimentos que han sufrido los efectos del metamorfismo de contacto es la introducción del tungsteno para formar vastos depósitos de schelita. El norte del Brasil tiene depósitos de esta clase.

Tal como en Norte América, parte de este continente sufrió intrusiones ígneas más recientes cuando la cadena de los Andes se vio invadida por una masa de roca fundida, o tal vez, bañada por sedimentos que habían sido fundidos de nuevo y que antes ocupaban una mayor profundidad de mucha extensión pero de poca amplitud. Aquí en esta parte oeste se encuentran levantamientos recientes, montañas todavía levantándose, volcanes en actividad, intrusiones de rocas profundas metidas una entre otra cerca de la superficie y condiciones confusas que despiertan el interés del mineralogista. Los volcanes son malas fuentes de minerales, los elementos que logran escaparse de estas profundidades son escasos y se encuentran demasiado esparcidos; antimonio y mercurio, en las formas de estibinita y cinabrio son los minerales más importantes que se pueden encontrar. El azufre se puede formar de los gases después de una erupción y se encuentra asociado como muchos volcanes de Chile, Perú, Ecuador y Colombia.

Otro tipo de depósitos ígneos, aunque no relacionados con la acción volcánica ni con los gases, son las ágatas y amatistas que se formaron en las cavidades dejadas por los gases en las lavas, mucho después de que la roca se solidificó. El agua de percolación trajo la sílice de los minerales descompuestos y la depositó en las capas bandeadas de un "plateau" basáltico en el sur del Brasil y en el Uruguay.

Los depósitos sedimentarios de minerales son de dos tipos, uno compuesto de minerales formados como resultado de las alteraciones de las rocas primitivas y los cuales contienen bastantes impurezas las cuales rebajan la calidad. Cuando las rocas cristalinas son expuestas a los elementos atmosféricos se alteran formando nuevos compuestos los cuales son estables bajo sus nuevas condiciones. Agua y CO<sub>2</sub> se agregan, y el hierro y la sílice son retirados. Cuando las rocas han sido expuestas por muchos años bajo condiciones especiales, tales como baja elevación y remoción lenta de la roca alterada y ablandada, se puede esperar encontrar depósitos lateríticos; los depósitos de mineral de aluminio de las Guayanas y el Brasil son el resultado de una descomposición de este tipo. Los depósitos de hierro y manganeso del estado de Minas Geraes son, en parte, similarmente consideradas como enriquecimientos residuales de rocas sedimentarias metamorfosadas.

Secundariamente, se tienen los minerales residuales resistentes de las rocas descompuestas encontrados en lugares en donde la roca sólida ha sido desgastada y acarreada lejos mientras que los minerales pesados se han quedado rezagados formando ricos aluviones, concentraciones naturales que a través de los años han enriquecido depósitos de minerales sin valor comercial hasta el punto de hacerlos que se puedan trabajar con buen resultado. Los depósitos aluviales son generalmente los primeros que se trabajan en todos los países y en Sur América se encuentran algunos muy ricos, tales como los de oro y platino de Colombia, los diamantes de algunos lugares del noreste del continente y el oro de muchas otras localidades.

El último tipo de depósitos sedimentarios es aquél en el cual las substancias han sido depositadas al mismo tiempo que los sedimentos. Desgraciadamente, este tipo de depósitos es muy limitado en Sur América, los carbones de Chile, Perú, Colombia, Brasil y Argentina no son tan extensos ni tan ricos como se podría esperar. El petróleo también está muy limitado en su distribución, los campos de Venezuela son los más importantes, pero es de esperarse que se encontrará más a medida que se hagan mejores estudios en las diferentes hoyas del continente. Estos combustibles minerales son ambos de origen orgánico, relacionados con los sedimentos mismos. Depósitos de sal formados cuando las rocas sedimentarias estaban en formación debido a evaporaciones de agua de mar son conocidos y los más importantes están localizados en la pendiente oriental de los Andes y fueron formados por evaporación de lagos salados. El bórax y los nitratos de Chile fueron formados de manera similar, y deben su origen a condiciones especiales del clima, condiciones no encontradas

en ninguna otra parte del mundo y que hacen de estos depósitos los únicos en el mundo. Este breve sumario de las condiciones geológicas responsables de la formación de minerales ha sugerido a través de la distribución de las rocas en el continente los minerales posibles de algún valor económico. Este estudio se podría adelantar más; las condiciones del medio ambiente necesarias para la formación de un mineral dado siendo como son muy bien conocidas, un Mineralogista con experiencia sabe lo que debe buscar en cualquier asociación de rocas. Los minerales son agrupados, para su estudio en las sales de varios ácidos tales como los silicatos, los sulfatos o los carbonatos. Estudios por medio de rayos X de su estructura cristalina darán mayores detalles para una clasificación, pero desde el punto de vista del medio ambiente y de su presentación estas son cuestiones de interés puramente académico.

Las rocas ígneas están en su mayoría compuestas de los elementos comunes con sílice, en otras palabras, silicatos. Con éstos hay algunos minerales accesorios, comúnmente óxidos, los cuales son especialmente insolubles y que se separaron primero del magma. Cuando tenemos la condición especial de un granito cristalino de granos gruesos, el cual es un residuo de un magma en cristalización conocido como pegmatita, intruído en rocas ígneas más antiguas o en rocas metamórficas, estará naturalmente compuesto en su mayoría por silicatos. A menudo, debido a la concentración de elementos raros encontramos en las pegmatitas compuestos de minerales raros; y éstos serán los únicos lugares posibles donde suficientes átomos de minerales raros como berilo o litio pueden juntarse para formar un mineral reconocible. De esta suerte en las pegmatitas, fuera de los minerales comunes del granito, cuarzo, feldespato, y mica, encontramos minerales raros: berilo, turmalina, epidota, topacio y algunos otros. Afortunadamente los silicatos son compuestos muy duros y algunos de los minerales raros de las pegmatitas tienen colores muy atractivos y por esto se usan como gemas o piedras preciosas. Condiciones especiales pueden dar a estos minerales transparencia y formas angulares conocidas con el nombre de cristales pero son muy raros estos casos; de tal manera que aunque las pegmatitas están ampliamente distribuidas en el antiguo escudo cristalino, la presencia de piedras preciosas o semipreciosas del Brasil y de la Argentina es muy restringida.

Asociados con las gemas hay otros minerales de valor comercial tales como la tantalita, casiterita y mica. Estos también son minerales que se encuentran en las pegmatitas y por lo tanto en las mismas áreas. En regiones industriales y más pobladas, el feldespato

podría tener algún valor, pero como su precio es muy bajo no paga los costos de transporte.

Por último, en rocas de origen ígneo se encuentran las venas de algunos minerales de varios metales, venas que comúnmente se presentan cortando formaciones sedimentarias. Estas venas son de muchos tipos desde las venas formadas a gran profundidad y alta temperatura, las cuales están muy cerca de la fuente ígnea, y que están caracterizadas por su textura grueso-granular y porque contienen muchos minerales en forma de óxido, hasta los sulfuros bandeados formados a bajas temperaturas en rocas sedimentarias recientes y que pueden encontrarse en muchos lugares. La mineralización intensa y repetida que se ha presentado en algunas partes ha creado grandes depósitos los cuales son muy difíciles de clasificar, las venas de estaño de Bolivia, por ejemplo, en la cual se encuentra una gama completa de minerales desde los óxidos formados a altas temperaturas como los de tungsteno y estaño, wolframita y casiterita, pasando luego por los sulfuros de cobre, plomo y plata, hasta llegar a los minerales formados a bajas temperaturas como la estibina. Todos ellos estrechamente relacionados en su distribución geográfica. La parte superior de estos filones fue oxidada por soluciones que se escurren a través de ellos produciendo un enriquecimiento secundario de sulfuros y formando una serie completa de minerales nuevos y más ricos. La llamada plata roja, prusita, de Colquecheca, Bolivia, ha sido especialmente famosa, y también en Chanarcillo, Chile, se han encontrado algunos maravillosos ejemplares de este mineral. Todos estos filones están asociados con el levantamiento de los Andes y son relativamente recientes, Cretáceo y Terciario según la opinión de muchas autoridades en esta materia. Los depósitos hidrotermales de la cordillera occidental en Sur América son compartidos por Bolivia, Perú, Chile y Argentina. Hacia el sur se encuentran depósitos importantes de sulfuros de metales valiosos tales como los minerales de cobre de Cerro de Pasco y Morococha en el Perú. En estos depósitos se encuentra también el enriquecimiento debido a la oxidación cerca de la superficie, malaquita, cuprita, crisocola, atacamita y cobre nativo; todos estos minerales provenientes de los sulfuros de la parte superior de los filones, en los cuales a la mayor profundidad se encuentran sulfuros más pobres como la bornita y la chalcopirita.

Más al sur, en Chile, se encuentran los famosos depósitos de cobre de Chuquicamata, los que han sido intensamente trabajados y que se encuentran en rocas resquebrajadas y vueltas a cementar en una zona de oxidación, y en la cual existen sulfatos de cobre y una vasta serie de minerales raros, muchos de los cuales no se encuen-

tran en ninguna otra parte del mundo. Más abajo se encuentran los famosos depósitos de cobre Braden, con su porción oxidada y también con un enriquecimiento de sulfuros y chalcopirita.

La cordillera de los Andes en la parte occidental de Sur América está, entonces, caracterizada por vetas de sulfuros de una edad probablemente terciaria. Los minerales característicos de esta porción del continente son entonces oro, plata, plomo y zinc en la forma de metales nativos, sulfuros y sulfo-sales, con sus productos de alteración debida a la oxidación y al enriquecimiento, y gangas sin ningún valor, tales como la calcita, la barita, el cuarzo, etc. Estos minerales son muy distintos de los que se encuentran en el oriente, óxidos de altas temperaturas y pegmatitas; exceptuando algunos pocos filones que se encuentran ocasionalmente en esta última región en rocas muy antiguas. Morro Velho con su oro y su pirrotita de grandes profundidades y altas temperaturas, es una excepción. Los pocos filones de sulfuros de plomo y zinc en el norte del Estado de Minas, el tungsteno y cobre en Río Grande do Sud, y el cobre de Bahía, son de los pocos filones de sulfuros de tipo hidrotermal, pero tanto éstos como los minerales típicos de los sulfuros son muy raros en el Brasil.

Los filones de baja temperatura, que no contienen sulfuros y que son probablemente de origen hidrotermal, son la causa de la formación de los ricos depósitos de cuarzo en el centro del Brasil. En el occidente y cortando los sedimentos que sirven de margen al antiguo escudo cristalino, se encuentran los filones de cuarzo puro, los cuales se amplían ocasionalmente para formar cavidades, ahora llenas de lodo, y en las cuales se encuentran los cristales perfectos de cuarzo que se usan para los osciladores de los radios. La escasez de minerales asociados es muy notable, solamente unos pocos se han encontrado y éstos han escapado a la alteración debido a que están incluidos dentro del cuarzo, dando a menudo la visión de pequeños cristales en los primeros estados de crecimiento. Estos pequeños cristales son a veces como pequeños fantasmas de un cristal en los cuales apenas se ve un contorno verde de clorita o de un mineral blanco (probablemente feldespato) de cuando en cuando con trazas leves de siderita, y a veces algunos atravesados por agujas doradas de rutilo. El hecho de que los diamantes aluviales del Brasil estén estrechamente relacionados geográficamente con el cuarzo es muy interesante, aunque esto puede ser puramente una coincidencia, y el hecho de que algunos de estos diamantes se encuentren incluidos en los cristales de cuarzo puede explicarse como inclusiones mecánicas en las cuales los diamantes fueron atrapados en sus rocas sedimentarias por los cristales de cuarzo en formación.

Fuera de los óxidos de origen magmático e hidrotermal se encuentran los minerales secundarios de aluminio, tales como las bauxitas y los minerales relacionados con ellas de las Guayanas.

Estas mezclas de hidróxidos de aluminio son muy parecidas a las arcillas y solamente por un buen análisis puede determinarse su valor. Otro depósito importante de este tipo se encuentra a lo largo de los límites entre los estados de Sao Paulo y Minas Geraes, en donde la bauxita cubre la parte superior de las montañas formadas por rocas ricas en nefelina y muy pobres en sílice. En este mismo lugar, aunque no relacionados geológicamente, se encuentran los filones y detritus de óxido de zirconio, los cuales cortan esta misma roca. Cristales de zircón en una profusión tal que lleguen a constituir un depósito económico de este mineral no se encuentran en ninguna otra parte del mundo.

En nuestro rápido examen de los depósitos importantes de minerales en Sur América, llegamos a los sedimentarios, entre los cuales se encuentran los ya mencionados de diamantes. Los depósitos aluviales típicos incluyen aquéllos de los metales preciosos, tales como los del grupo del platino, por los cuales es famosa Colombia, y el oro que se encuentra ampliamente distribuido en todo el continente. Estos depósitos son y serán descubiertos mucho antes de que lo sean las vetas de las cuales provienen; en muchas partes de Sur América, como en las Guayanas, las cuales son ricas en rocas, debe haber con toda probabilidad muchos depósitos por descubrir, aunque ya oro y diamantes han sido acarreados por las corrientes. Algunos otros minerales pesados es muy probable que se encuentren en las arenas, tales como monacita y rutilo, los que deben provenir de las antiguas rocas cristalinas. De aquí que ellos se deben buscar en las regiones donde las rocas antiguas han sido erosionadas por las aguas, como en la costa noreste, y no en las regiones en donde los sedimentos provienen de rocas volcánicas recientes.

La importancia que tienen los extensos depósitos de hierro y manganeso del Brasil requiere que se les mencione más en detalle. Estos minerales están localizados especialmente en el Estado de Minas Geraes y fueron formados por la metamorfosis de estratos sedimentarios pre-cámbrios. De acuerdo con la teoría más ampliamente aceptada, ellos fueron transformados por el metamorfismo de acumulaciones sedimentarias blandas de minerales de hierro en la hematita especular dura y negra que ahora cubre todo el centro Sur del Estado. Los depósitos de manganeso están localizados en la misma área y algunos creen que se han originado de la misma manera.

Las capas de nitratos localizadas en una región desierta y ex-

tremadamente árida cerca de la cadena costanera de montañas en Chile, nos proponen un problema. Ellos pueden ser lógicamente explicados como debidos al lavado y precipitación por eflorescencia del agua evaporada en la superficie. Aquí, como en muchas otras partes de Sur América, se encuentran condiciones especiales que han dado origen a depósitos también muy especiales. Estos nitratos están agrupados entre las sales en los textos de mineralogía y no representan ninguna dificultad para el estudiante ya que en ningún clima húmedo se encontrará este grupo fácilmente soluble. Los depósitos de guano de la costa del Perú también deben su origen a la falta de precipitación, a la cual hay que agregar el factor biológico de la abundancia de aves. Estas capas de fosfatos no son minerales en su mayor parte, en el sentido estricto de la palabra, pero así como consideramos como minerales a los depósitos de fósiles que han sido recristalizados, por esta misma razón debemos mencionar éstos. Los fosfatos debidos a las reacciones entre depósitos con las rocas que les han servido de base, lo mismo que todo este grupo de minerales de fosfatos sirven para mostrar la estrecha relación que existe entre los animales y su medio ambiente y para indicar cómo ellos se han modificado mutuamente.

Muchos cambios en el panorama detallado de los depósitos minerales de Sur América se irán presentando a medida que el tiempo pase. Mayor accesibilidad hará posible el desarrollo de los grandes depósitos de bajo tenor, tales como el de silicatos de níquel de Tocantín, cuya explotación es considerada hoy día como poco práctica. Mayor familiaridad con las diferentes regiones y el levantamiento de mapas geológicos detallados mostrarán la posibilidad de la existencia de regiones que contengan depósitos explotables hasta hoy desconocidos. Pero los grandes rasgos de la distribución de las rocas tipos en el continente y la asociación que a nadie se escapa de sus minerales y la localización de las fuentes hace muy claro lo que se puede esperar en cada una de las regiones de Sur América. Los sulfuros de varios metales y los metales nativos caracterizan el lado occidental, mientras que el centro, a lo largo del Atlántico, está caracterizado por los minerales provenientes de pegmatitas, diamantes y arenas pesadas. En las áreas sedimentarias, las cuales son áreas relativamente estrechas a todo lo largo del continente, se puede buscar carbón, petróleo, caliza, yeso y sal. Los minerales específicos que nosotros encontramos están, entonces, todos directamente relacionados con los depósitos en que ellos se presentan. La identificación de minerales desconocidos se facilita grandemente con el estudio de las condiciones de su presentación y con sus asociaciones en el campo.