

siglo, o algo después, que proporcionaron, al lado de la monumental obra del Barón de Humboldt, un acabado cuadro de las producciones mexicanas y de nuestro país en general, entonces tan amplio en extensión y siempre tan rico en los tres reinos de la Naturaleza: mineral, vegetal y animal.

El mismo Humboldt, en 1823, abrió la brecha con una descripción de las rocas de México, comparadas en sus características y condiciones de yacimiento con las de aquellas partes de la América que visitó y con las del Viejo Mundo. Tal ensayo geognóstico, como lo llamó su autor, presentó por primera vez al público científico, un cuadro descriptivo, en el orden admitido entonces para la secuencia de los depósitos geológicos, de los materiales pétreos, de los fósiles y de sus rasgos posicionales, vistos en el curso de sus viajes por Europa, Asia y las regiones equinociales del Nuevo Mundo. Dicho trabajo, con el nombre de "Geognosia", habría debido aparecer en el *Dictionnaire des Sciences Naturelles* de Levrault, de Estrasburgo, a cambio de otro artículo sobre Geografía de las Plantas que Humboldt prometió escribir y que, finalmente, redactó de Candolle, el viejo; pero algún editor de Londres, ávido de dar noticias en su lengua sobre tema de tanto interés práctico, lo tradujo al inglés y así apareció en un precioso volumen, pocos años después del *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*.

Desde un principio, aunque no se refería sólo a México, despertó enorme interés por nuestra mineralogía y petrografía, pues la mayor parte (y la mejor, tal vez) de su texto estaba dedicada a su descripción, especialmente en las variedades ígneas y metamórficas, que siempre preocuparon a Humboldt por sus relaciones con el accidentado relieve de las tierras que recorrió en este Continente y en el antiguo. Contenía los nuevos puntos de vista geognósticos del autor, desarrollados a lo largo de sus observaciones de campo y meditaciones de gabinete, así como de sus lecturas (bien abundantes, como lo indican las numerosas citas y las notas finales) y una presentación sumaria de algunos aspectos bastante concretos de la Estratigrafía, ciencia apenas en pañales por esa época; pero, por encima de todo, la obra de Humboldt es una descripción de rocas en sus características de origen, composición y yacimiento, de acuerdo con las ideas del tiempo e ilustradas con abun-

dantes ejemplos de México, el resto de América y el Viejo Mundo.

Desfilan por sus páginas observaciones certeras sobre las rocas “primitivas y de transición”, formaciones secundarias y terciarias (pórfidos, traquitas y basaltos, rocas sedimentarias y fósiles vegetales y animales), cuyo contenido es “una de las más notables pruebas de la identidad (sincronología) de las formaciones en las más distantes regiones del globo” (pág. 44). Para Humboldt, el objeto de la Geognosia (que equivale a una combinación de las modernas Geología y Estratigrafía) era la definición en las rocas de: 1) su posición, 2) su composición orictognósica y 3) su asociación con diversos cuerpos orgánicos en ella contenidos. Dedicó el autor muchas páginas a ponderar la importancia de las condiciones paleoecológicas (atisbo genial en aquellos años) en la formación de los depósitos geológicos y al examen de sus rumbos y echados, particularmente en relación con la dirección de los grandes ejes modernos, tratando de desentrañar las leyes generales de la Geología Histórica y de la Tectónica, cuya importancia previó claramente como único medio de interpretar las perturbaciones locales o regionales.

Una tras otra examinaba Humboldt las rocas primitivas y de transición, secundarias y terciarias, así como las ígneas, mencionando numerosos ejemplos de México: gneisses, granitos y micaesquistos de Oaxaca, sienitas de Guanajuato, “arcillas apizarradas” y “pórfidos de transición” de Guerrero e Hidalgo con sus dos clases de feldespatos, areniscas rojas, conglomerados y “lozeros” de Querétaro y Zacatecas, calizas de Morelos, Nuevo León y Tamaulipas, arcillas y margas de Veracruz, traquitas y basaltos de los volcanes de la Mesa Central, así como otros subproductos de la actividad volcánica, en especial minerales, obsidianas y ópalos.

Una descripción del camino de Acapulco a México, con observaciones sobre las variedades de rocas, sus rumbos y echados, comparadas con otras del Viejo Mundo y extendida al área elevada del país, especialmente entre Pachuca, Morán y Puebla, y después Guanajuato (págs. 221-242), constituyen otra prueba del amplio conocimiento geológico y del soberbio golpe de vista de Humboldt, quien no completó un año de trabajos en México y, sin embargo, dejó escritas noticias cien-

tíficas que sólo han sufrido modificaciones de interpretación (y no descriptivas) en el curso de 150 años. Incidentalmente, el autor mencionó (pág. 231) la presencia de emanaciones de "naphta" y petróleo en la Cuenca de México, cerca del Cerro de Guadalupe, al norte de la Ciudad de México, lo cual quizás es una confusión, pues debió de tratarse de gas de pantanos o algún producto combustible de origen lacustre, generado por sapropelitas, muy abundantes en el fondo de zanjones y antiguos vasos lacustres.

Brillan por su clarividencia las interpretaciones estratigráficas de Humboldt al referirse a las margas y areniscas jaspeadas, calizas "muschelkalk" y del Jurásico, así como a las "cretas" (págs. 344-380), cuyas faunas de cefalópodos, bivalvos y otros invertebrados había estudiado por su cuenta y en compañía de su entrañable amigo, Leopoldo von Buch. Corresponde a Humboldt el honor de haber señalado, por primera vez, la presencia de una gruesa columna estratigráfica de formaciones mesozoicas en México, desde el Triásico hasta el Cretácico, y salvo errores de interpretación en que hubiera caído cualquier geólogo de su tiempo, sus descripciones pueden considerarse completas en cuanto a características mineralógicas y petrográficas de las rocas.

Respecto a las rocas del Terciario y volcánicas, en particular cuando discutía las relaciones estratigráficas, las ideas del autor alemán eran menos claras; pero debe tenerse en cuenta que en aquellos años aún quedaban rescoldos de las disputas entre neptunistas y plutonianos, y apenas comenzaban a abrirse paso los conceptos modernos sobre cronología geológica, secuencias sedimentarias, litogénesis y otros procesos, que han venido a transformar nuestras ideas sobre el origen y posición de las rocas. Deben mencionarse, sin embargo, por su interés práctico, las observaciones de Humboldt sobre las obsidias de México (págs. 433-437), materiales vitreos de origen volcánico que usaron los aborígenes desde las más remotas épocas en la manufactura de implementos, adornos, etc. Tampoco deben olvidarse sus notas sobre el Jorullo (págs. 446-452), que visitó en una expedición que se ha considerado como clásica entre los vulcanólogos.

En resumen, el *Ensayo geognóstico sobre la superposición de las rocas en ambos Hemisferios* constituye un elaborado

documento informativo sobre las características mineralógicas y petrográficas de las rocas mexicanas y al lado de la segunda edición de los *Elementos de orictognosia* de D. Andrés Manuel del Río, la pareja de obras clásicas de principios del siglo XIX sobre este aspecto de la Naturaleza mexicana.

LA SEGUNDA GRAN CONTRIBUCIÓN de la misma época al conocimiento de la Geología de México fué escrita por Joseph Burkart, en dos volúmenes, publicadas en Stuttgart, en 1836. Este distinguido minero había residido en México por diez años, de 1825 a 1834, como director de minas, y su obra contiene, como lo dice el subtítulo, noticias sobre nuestro país, sus productos, vida, etc. Además, está ilustrada con un croquis de los viajes del autor en México y varios cortes y planos geológicos y mineros, algunos a colores, que ayudan a entender las descripciones del texto.

Tuvo su origen la obra en las notas de viaje que llevó minuciosamente Burkart desde su salida de Inglaterra, pasando por Jamaica y Tampico hasta llegar a Tlalpujahua, en el Estado de México, donde sirvió algún tiempo como director de esa explotación minera. Experto técnico y buen apreciador de la importancia del conocimiento de las rocas y de sus condiciones de yacimiento, desde un principio comenzó a interesarse en los aspectos geológicos de México y, por supuesto, de las regiones de nuestro territorio donde trabajó.

Así, el tercer capítulo de su obra (tomo 1, págs. 73-102, lám. 11, fig. 4) contiene una descripción del antiguo sitio minero de Tlalpujahua, con datos sobre la fisiografía y las rocas que se encuentran en los alrededores: esquistos, vaciagris (*grauwacke*), calizas y cuarzos, pórfidos y rocas verdes (*grünstein*), así como de los diversos minerales que iba encontrando en el curso de sus reconocimientos. El problema de los "conglomerados rojos", aún insoluto, no dejó de atraer la atención de Burkart, quien no sólo en este capítulo, sino en otros, dejó nota de repetidas observaciones sobre su composición, espesor, orientación y otras características. También estudió los ópalos, así como sus brechas y otros productos, metales preciosos y la historia de las explotaciones, para lo cual recurrió a la información proporcionada por el mexicano

J. J. Martínez de Lejarza en su *Análisis estadístico de Michoacán*, publicado en México en 1825.

Burkart emprendió después un viaje desde Tlalpujahua a Atotonilco el Chico, Real del Monte y Pachuca, siguiendo una ruta algo diferente de la que hizo a su llegada a México y anotando interesantes datos sobre las rocas de las regiones sureste y suroeste de los actuales Estados de Querétaro e Hidalgo, hasta las localidades mencionadas. Si bien Burkart se guiaba en gran parte por los datos de Humboldt, no dejó de corregir algunas de sus aseveraciones, cuando le parecieron erróneas o deficientes. También incluyó muchas observaciones del Barón de Gerolt, funcionario de la compañía anglo-mexicana que explotaba por entonces varios fundos mineros en México y cuyos trabajos (bastante técnicos y especializados) se publicaron en diversas revistas europeas, incluyendo una carta geológica del país, según los conocimientos de la época.

Los viajes de Burkart al Nevado de Toluca (págs. 176-192, lám. III, figs. 1-4) y a Huetamo, el Jorullo, Pátzcuaro y Valladolid (hoy Morelia) (págs. 196-238, lám. IV, figs. 1 y 2) le permitieron hacer minuciosas observaciones sobre las rocas ígneas y sedimentarias. Una y otra vez, como *leitmotiv*, aparecen referencias a pórfidos y traquitas, cuyas relaciones con la mineralización regional y general de México son tan importantes; pero también anotó ciertos detalles sobre la superposición de las rocas, intentando interpretarlas estratigráficamente (en el sentido moderno), *v.gr.*, en las cercanías del Río de las Balsas (págs. 209-210), donde señaló la presencia de areniscas, conglomerados, esquistos y calizas en esta sucesión, que ahora sabemos que pertenecieron al Mesozoico inferior y medio.

En su viaje a Zimapán y San José del Oro, la Barranca de Tolimán, Cadereita y Querétaro (págs. 277-323, lám. V, fig. 1) Burkart agregó multitud de datos mineralógicos y petrográficos a los proporcionados por Humboldt y de Gerolt. Al pasar por Tula e Ixmiquilpan, pudo observar la caliza que aflora en esas localidades y expresó con una interrogación (pág. 286) la duda de que tuviera edad jurásica, como había creído Humboldt. En la Barranca de Tolimán observó Burkart una gruesa sección de rocas, y aunque sólo

proporcionó una descripción petrográfica, el orden en que lo hizo indicaba evidentemente ciertas ideas estratigráficas más avanzadas que las de su predecesor. Entre los poquísimos datos paleontológicos que Burkart incluyó en sus notas, debe señalarse la mención del hallazgo de "encrinites" (crinoideos) en el puente del Paso de las Maromas, sobre el Río Moctezuma (pág. 313), aunque dijo haber encontrado otros fósiles en diversas localidades. Este viaje y los anteriores prepararon admirablemente a Burkart para visitar Guanajuato y Zacatecas, e interpretar con acierto numerosos aspectos de su geología, completando muchas descripciones de Humboldt.

El distrito minero de Guanajuato mereció de Burkart un capítulo (págs. 323-360, 1 tabla, láms. v, fig. 2 y vi, figs. 1-4), como Tlalpujahua y su región. Paso a paso siguió las huellas de Humboldt, verificando sus observaciones y agregando otras propias y ajenas. Entre las últimas no dejó de aprovechar los datos de D. José María Bustamante, distinguido hijo del Colegio de Minería de México, de quien hizo un rendido elogio (nota al pie de las páginas 323-324) por sus conocimientos en Geografía, Meteorología, Historia Natural, etc., cuya total educación había recibido en su patria, según declaraba con ingenua sorpresa Burkart. La descripción de las rocas de Guanajuato se resiente un poco de la influencia de las ideas de Humboldt; pero Burkart interpretó en forma diferente ciertos detalles, sobre todo de carácter estratigráfico, en relación con los esquistos y algunas rocas intrusivas (págs. 334-337), considerándolas más jóvenes que las otras. Volvió a ocuparse del problema de los "conglomerados rojos", y, por último, describió los aspectos mineros de la región.

Después dedicó otro capítulo al viaje desde Guanajuato por Aguascalientes, Comanjilla, etc., hasta Zacatecas (páginas 361-392, 2 tablas, lám. vi, fig. 4), señalando la presencia de calizas mesozoicas en las cercanías de la primera población (págs. 369-370) y en Asientos de Ibarra (pág. 375). Terminó ese capítulo Burkart con algunos datos sobre la situación minera de Zacatecas.

El distrito minero de Zacatecas (tomo II, págs. 1-84, 1 tabla, 1 carta petrográfica a colores, láms. vi, fig. 5 y viii, figs. 1-4) atrajo de Burkart tal vez mayor atención que ninguna otra

región de México, como lo demuestran la variedad y amplitud de sus observaciones y el número de páginas e ilustraciones que dedicó a describirlo. Humboldt nunca llegó a estar en dicha región, y aunque ya Bustamante había publicado una descripción de la Serranía de Zacatecas, en la cual incluyó datos geognósticos, Burkart llevó consigo las primicias de un criterio estrictamente técnico y ya ducho en los problemas de la minería mexicana. Las primeras páginas del capítulo están dedicadas a una descripción fisiográfica de la Serranía de Zacatecas y el resto a una minuciosa descripción geognóstica y minera, con abundantes notas sobre las rocas y sus relaciones de posición. Respecto a los esquistos, declaró Burkart (pág. 22) que no obstante haber fracasado en su búsqueda de restos orgánicos, no dudaba en colocarlos en la parte inferior de la serie de capas geológicas que se encuentran en las cercanías de Zacatecas, lo cual se ha confirmado después con amplitud. En seguida pasó a considerar las rocas intrusivas, las calizas y otras variedades, detallando su composición petrográfica.

Las referencias de Burkart a la presencia de areniscas rojas "de edad antigua" (*altere rothe Sandstein-Formation*) en la parte sur de la Serranía de Zacatecas, son erróneas, pues se trata de otras rocas que dieron origen a brechas y conglomerados de color rojo, que a alguna distancia o a un examen superficial pueden tomarse como areniscas rojas. Por último, el Cerro de la Bufa y otros crestones (págs. 40-53) fueron analizados por Burkart, quien avanzó algunas ideas sobre la posible historia geológica y tectónica de la Serranía de Zacatecas. No faltaron, por supuesto, los consabidos datos sobre la mineralización y el desenvolvimiento de las explotaciones mineras.

Un corto viaje a Fresnillo, Valparaíso, Jerez y otras localidades del Estado de Zacatecas (págs. 84-106, láms. ix, figs. 1-5 y x) permitió a Burkart redondear sus interpretaciones geognósticas sobre la región y además, proporcionar una descripción científica de las ruinas arqueológicas de La Quemada, al suroeste de la ciudad de Zacatecas.

Los dos capítulos siguientes están dedicados al centro de México, visitado en dos viajes desde Zacatecas, el primero a Ramos, Charcas, Catorce y Mazapil (págs. 106-158, lám. ix,

figs. 6 y 7) y en el segundo a Peñón Blanco y Santiago (páginas 158-168). En ambos pueden leerse las usuales observaciones sobre pórfidos, traquitas, basaltos, calizas y otras rocas, sus condiciones de yacimiento, etc. Refiriéndose a San Luis Potosí, Burkart relata (págs. 135-136) que colectó numerosos fósiles en las areniscas y calizas, los cuales llevó a Alemania y entregó a Goldfuss para su estudio. Este famoso paleontólogo le informó haber identificado el cáliz de un "actiocrinite" (crinoideo), una pequeña *Turritella*, una *Nucula*, una *Modiola*, la impresión de una *Pterinea*, un cefalópodo semejante a *Ammonites aequistriatus* Münster y otros moluscos de difícil identificación ahora, pero que representan tal vez la primera referencia a una fauna fósil en la región de Catorce y una de las pocas que Burkart incluyó en su obra.

El viaje de Bolaños, Tepic y San Blas, en Nayarit, que luego se extendió al regreso a San Luis Potosí, Guadalcázar, Tula (Tamps.) y Tampico (págs. 168-225, lám. XI), permitió a Burkart completar su visión geognóstica de México y construir una sección transversal del país, casi a la altura del Trópico de Cáncer, desde el Océano Pacífico al Golfo de México.

En fin, Burkart dedicó un capítulo (págs. 225-273) a la estructura montañosa de México en relación con sus posibilidades mineras, en que expone datos técnicos sobre los métodos de trabajo y económicos sobre su costo. Una lista de alturas (tomadas con barómetro) está al final de la obra del minero alemán, fruto de una laboriosa dedicación al oficio y de prolongadas observaciones a lo largo de diez años de estancia y viajes en México. En unión del *Ensayo geognóstico* del Barón de Humboldt, Burkart legó a la posteridad una valiosa contribución al conocimiento de la geología mexicana, que, por desgracia, apenas si ha sido apreciada en nuestro país, pues no se tradujo al español y existen poquísimos ejemplares en sus bibliotecas.

TODAVÍA PUEDE MENCIONARSE otra obra sobre geología minera de México y sus problemas prácticos, resultado también de una larga permanencia en el país y de una amplia familiaridad con el desarrollo de sus explotaciones. Esta tercera obra cierra la serie de los grandes trabajos sobre la Geología

de México entre 1821 y 1846, contrastando con las dos anteriores por su mayor grado de especialización y por presentar algunos aspectos técnicos apenas tocados por Humboldt o Burkart. Llábase *De la producción de los metales preciosos en México, considerada en sus relaciones con la geología, la metalurgia y la economía política*, y fué escrita por St. Clair Duport, quien la publicó en París en 1843, en su lengua. Duport era un experto minero francés que vivió desde 1826 en el país y adquirió en 1836 la contratación del apartado de oro y plata, trabajo que le permitió completar sus experiencias mineras y adquirir una amplia visión de esos problemas en México.

El primer capítulo de la obra de Duport proporciona una idea de la geología del país y una historia de los trabajos de extracción de minerales desde la época prehispánica hasta 1841. En sus consideraciones sobre la geología de México el autor reconoce la importancia de la obra de Don Andrés Manuel del Río, catedrático del Colegio de Minería, y de Don José María Bustamante en su aspecto más concreto; pero declara que la mayoría de los datos entonces accesibles al público científico se debían a Humboldt y Burkart, así como a Sonneschmidt, minero alemán que vino a México a fines del siglo XVIII, con Don Fausto Elhuyar, y escribió un *Tratado de la amalgamación de la Nueva España*, publicado en la capital del país en 1804, obrita que contiene interesantes datos sobre los métodos de explotación en las minas mexicanas en aquella época.

La información geológica de Duport trasciende desde luego la influencia de Humboldt y Burkart, pero revela que, para la fecha de redacción de su obra, ya se había avanzado bastante en la interpretación de los datos. Poco nuevo de valor actual, sin embargo, agregó a lo ya dicho por ambos alemanes; el francés, sin embargo, puso un toque de orden y claridad en la exposición y logró presentar un cuadro de la fisiografía y de la geología mexicanas (págs. 9-29, lám. IV) en sus relaciones con la minería de los metales preciosos, bastante bueno para los fines de su obra.

Después trataba las técnicas metalúrgicas empleadas en el país, precedidas de la información histórica pertinente y las cuestiones de amonedación, incluyendo datos estadísticos y

económicos desde 1733 a 1841. Con el primer capítulo, ya comentado, la parte general de la obra dejaba libre el campo para el análisis de otros detalles y reflexiones en la parte especial. El cuarto capítulo, dedicado a la descripción de un número suficiente de distritos mineros, permitía a Duport discutir su geología particular, mineralización y métodos de extracción y metalúrgicos (págs. 197-358).

Desde las primeras páginas, Duport se planteó, considerando la posición astronómica de dichos distritos respecto a la gran cordillera que atraviesa el país, el problema de averiguar si la mineralización de México tendría relaciones con la orogenia. También hacía observar que los materiales minerales presentaban en nuestro país una notable uniformidad, aunque entonces todavía faltaban muchos datos mineralógicos y de condiciones de yacimiento de rocas metalíferas y otras cuestiones en el noroeste de México, en territorio que después pasó a formar parte de los Estados Unidos de Norte-América.

Pasaba a describir Duport los distritos mineros de Guanajuato, Zacatecas, Fresnillo, Catorce, Guadalupe y Calvo, Taxco, Ramos, Sombrerete, Nieves, Charcas y las localidades mineras cercanas a Zacatecas, de menor importancia, Ángeles, La Blanca y Ojo Caliente. Para la descripción de cada uno siguió Duport un plan uniforme, que consistió en presentar un resumen de su geología, tanto más amplio cuanto más conocido era, acompañado de datos sobre la extracción y metalurgia, usando siempre los términos técnicos adecuados y el vigoroso vocabulario minero mexicano, ahora tan deformado por la introducción de palabras extrañas y barbarismos inútiles.

Entre los datos nuevos aportados por Duport figuraba la descripción del mineral de Guadalupe y Calvo, en el Estado de Chihuahua, bastante más al norte de las regiones visitadas por Humboldt y Burkart, y que difería en su estructura geológica del resto de centros mineros en el país. Los distritos de Sombrerete, Nieves, Charcas, Ángeles, La Blanca y Ojo Caliente también resultaban con algunas novedades; pero, en general, se ajustaban al plan estructural ya esbozado en los trabajos de aquellos autores.

OTRAS CONSIDERACIONES menores o más especializadas entre 1821 y 1846, debidas a geognostas y mineros, completaron el

cuadro geológico de la naturaleza mexicana; pero fueron las tres obras mencionadas la base del conocimiento que se tuvo de nuestro país, en tal aspecto, hasta casi terminar la primera mitad del siglo XIX, y de ellas partió el estímulo que empujó a otros estudiosos en el curso de los últimos 100 años, para adentrarse en la áspera ruta del conocimiento de las rocas de México.