GEONATURALIA

Geografía e Historia Natural: hacia una historia comparada

Estudio a través de
Argentina, México, Costa Rica y Paraguay

2009

***

Coordinación
Celina A. Lértora Mendoza

Buenos Aires

El mapeo geológico y vulcanológico en América Central hasta el inicio de la Segunda Guerra Mundial

Gerardo J. Soto

El origen de los mapas geológicos

Los mapas han cambiado el conocimiento del mundo, pues han puesto al alcance de todos, representaciones gráficas de vastas regiones que pueden serle desconocidas al lector o receptor. Los de principios del siglo XVI, que mostraban los territorios de las recién navegadas Indias y las Indias Occidentales (el "Nuevo Mundo" ante los ojos europeos), por ejemplo, dieron un fresco vistazo de lo conocido y hasta lo desconocido. Otros mapas han cambiado, por su objetivo, no sólo el conocimiento geográfico *per se*, sino otros conceptos. Con la tecnología actual y el uso de los sistemas de información geográfica (SIG) y los sistemas de posicionamiento global (GPS por su acrónimo en inglés), la combinación y hechura de mapas temáticos es relativamente sencilla para su presentación, y pueden ser usados y amalgamados una y otra vez casi hasta el infinito. No habrá discusión en que el proceso de mapeo es el más difícil y el que consume más tiempo y esfuerzo humano, pero igualmente importante es el proceso de la confección e impresión de los mapas.

Dentro de los mapas temáticos, los mapas geológicos son los productos más importantes y útiles de la investigación geológica, y constituyen una herramienta de suma utilidad para entender el entorno terrestre y sus recursos. Los mapas geológicos se empezaron a usar para la exploración de recursos naturales, incluyendo minerales y petróleo y en esto se usan aún, además de aguas subterráneas. Los mapas geológicos temáticos en otros usos se han difundido ampliamente, y hoy hay una iniciativa para el mapa geológico del mundo a escala $1:10^6$ asequible en el ciberespacio a través de http://www.onegeology.

El primer análogo de un mapa geológico data del año 1150 antes de nuestra era, producido en Egipto durante el reinado del faraón Ramsés IV, por el escriba Amennakhte, mostrando los tipos de rocas y las canteras para obtener piedras para los templos de ese momento[1]. Los primeros mapas geológicos de los tiempos modernos se produjeron de manera casi simultánea en Europa y América, con diferentes alcances, pero en general con la concepción de presentar datos geológicos de manera espacial en dos dimensiones, con perfiles geológicos explicativos del interior "no visible" (esto es, el subsuelo), y además, con colores o patrones de dibujo distintivos para las unidades geológicas. Estos mapas seminales fueron por ejemplo el de la cuenca de París, de Cuvier y Brongniart en 1811, el de William Smith, quien tras casi tres décadas después de sus observaciones geológicas originales, en 1815, finalmente publicó el mapa geológico de Inglaterra y Gales, que vino a revolucionar el mundo de la Estratigrafía, la Geología y en particular la Geología de Campo. Este último es, en realidad, el primer mapa geológico con un sentido estratigráfico que se haya creado en el mundo y no en vano Smith es llamado el "padre de la geología inglesa"[2]. Este mapa geológico se produjo para resolver un problema práctico, relacionado con la distribución de los diferentes tipos de rocas en la superficie terrestre y el subsuelo de Inglaterra, para excavar canales.

En América, el primer mapa geológico fue el publicado por Willliam Maclure (a su vez, el "padre de la geología estadounidense") en 1809, el cual de una manera ya elaborada fue republicado en 1817. Presentaba la estructura geológica desde el límite Canadá-Estados Unidos hasta el Golfo de México, y desde la

[1] Phillip E. LaMoreaux, *Foreword to Meeting Challenges with Geologic Maps*, Alexandria, EE.UU., American Geological Institute, 2004, p. 5.

[2] El mapa de la Cuenca de París apareció publicado en el trabajo de: Georges Cuvier y Alexandre Brongniart, *Essai sur la Géographie Minéralogique des Environs de Paris, avec une Carte Géognostique, et des Coupes de Terrain*, París, Edit. Baudouin, 1811, 278 pp.

Respecto al mapa de Smith, una historia muy completa y detallada se encuentra en el libro: Simon Winchester, *The Map that Changed the World. William Smith and the Birth of Modern Geology*, Nueva York, Avon Books, 2001, 329 pp.

costa atlántica hasta el meridiano 94° oeste. El primer mapa, dibujado de manera cruda, había sido producido en 1809, junto con las *Observations on the geology of the United States*[3].

Los primeros mapas de América Central

Los primeros mapas geográficos de América Central fueron producidos temprano en el siglo XVI. Por ejemplo, está el de Alejandro Zorzi de 1508, publicado en Florencia y cuyo trazo se atribuye a Bartolomé Colón, hermano de Cristóbal, quien lo hiciera durante el cuarto viaje del Almirante entre 1502-1504. Aún pensaban estar en Asia, en la península de Malaca, pero en realidad cubre desde la costa caribe norte de Honduras hasta Portobelo en Panamá[4]. Conforme se dio paso a la conquista y colonia del territorio americano, la cartografía avanzó asimismo profundamente, de modo que para la segunda mitad del siglo XVIII, ya había mapas generales y regionales de alta calidad. Un ejemplo es el del Capitán Joseph Smith Speer, un marinero inglés que en 1776 publicó *The West-India Pilot* con 13 mapas, seguido de una edición ampliada a 26 mapas en 1771.

Los mapas temáticos y en particular los geológicos, deberían esperar una etapa más para ser producidos en América Central, siguiendo una corriente mundial de principios de siglo (como se vio antes), de plasmar la información geológica de manera gráfica en dos dimensiones.

[3] Detalles sobre la producción de los mapas de Maclure se dan en Philip B. King y Helen M. Beikman, *Explanatory text to accompany the geologic map of the United States*, Washington D.C.,Geological Survey Professional Paper 901, Part II, p. 1.
J.C. Steinmetz, "Restoring the granary: A geological landmark gets a facelift", *Geotimes,* N. 8, 2000, pp. 22-23.

[4] Una recopilación y reproducción gráfica de estos mapas se encuentra en Carlos Meléndez, *Cartografía Histórica de Costa Rica Siglos XVI-XIX*, San José, Costa Rica, Junta de Protección Social de San José y Comisión Nacional del Quinto Centenario del Descubrimiento de América, 1989, sin paginado.

Primeras investigaciones geológicas en América Central y sus motivos

El ingreso de los naturalistas y científicos de la Tierra, desde diferentes partes del mundo a América Central, se dio por varios motivos, como se verá en los párrafos siguientes.

Los enormes y profundos resultados de las investigaciones llevadas a cabo en las Américas por el naturalista alemán Alexander von Humboldt entre 1799 y 1804, tuvo enormes consecuencias en el pensamiento de científicos de la tierra europeos, quienes quisieron seguir los pasos del pionero, explorando remotas y poco conocidas tierras.

Por otra parte, un evento volcánico de enormes proporciones sucedió en el noroeste de Nicaragua, cuando el 22 de enero de 1835 explotó el volcán Cosigüina, cuyo estallido fue escuchado tan lejos como Jamaica, Colombia, México y Curazao, a unos 2000 km de distancia[5], y excitó el pensamiento y promovió la visita de científicos no solo interesados en los fenómenos sísmicos y volcánicos y geológicos en general, sino además en botánica, zoología y geografía.

Un libro cautivante sobre la historia y geografía de América Centra titulado *Incidents of Travel in Central America, Chiapas and Yucatan*, escrito por el viajero estadounidense John Lloyd Stephens[6], tuvo amplia circulación en Norteamérica y Europa, y por este motivo

[5] Los detalles geológicos de la erupción y de dónde y cómo se oyó la detonación están en Howel Williams, "The great eruption of Cosigüina, Nicaragua", *University of California Publications in Geological Sciences*, 29, 1952: 21-46; Setphen Self, Michael Rampino y Michael Carr, "A reappraisal of the 1835 eruption of Cosigüina and its atmospheric impact", *Bulletin of Volcanology*, 52, 1989: 57-65; Gregorio Escalante y Gerardo J. Soto, "History of Geology (Chapter 2)", en Jochen Bundschuh y Guillermo E. Alvarado (Eds): *Central America: Geology, Resources and Hazards*, Londres, Edit. Taylor and Francis, 2007: pp. 53-74.

[6] John L. Stephens, *Incidents of Travel in Central America, Chiapas and Yucatan*, Nueva York, Harper and Brothers, 1841, v. 1 y 2.

atrajo también la atención de científicos para explorar el istmo centroamericano.

Los tres disparadores anteriores fueron sobre todo alicientes de índole científica básica. No obstante, las investigaciones geológicas de índole aplicada se centraron en dos aspectos fundamentales: la búsqueda de yacimientos minerales y explotación de minas, y sobre todo las investigaciones encaminadas a la búsqueda de la ruta idónea para construir un canal entre el mar Caribe y el océano Pacífico, ya fuera en Nicaragua o Panamá, lideradas por Francia, Inglaterra y Estados Unidos.

En el aspecto de la minería, se buscaban nuevos prospectos que complementaran a los ya conocidos, sobre todo en Honduras, donde se conocían varias localidades con placeres de oro y minas de plata (la Sierra del Salto, por ejemplo), y por eso se publicaron mapas de localidades de placeres y minas de plata en la conocida revista *Harper's New Monthly Magazine*[7], con el propósito de promover las investigaciones aplicadas.

De tal manera, en la década de 1840 se iniciaron las investigaciones geológicas en el istmo centroamericano. Maldonado-Koerdell y Gabriel Dengo han mostrado una prolija lista[8] de nombres y publicaciones de geólogos y pioneros exploradores europeos y estadounidenses que participaron en esta gigantesca empresa. Fue en este tiempo, por ejemplo cuando se dieron notables

[7] Dos de las más conocidas apologías para la aventura minera se encuentran en esta revista: Anónimo, "Adventures in the Gold Fields of Central America", *Harper's New Monthly Magazine*, 1856: 315-336; Anónimo, "A visit to the silver mines of Central America", *Harper's New Monthly Magazine*, 1856, Vol. XII, N. LXXII: 721-733.

[8] M. Maldonado-Koerdel, *Bibliografía geológica y paleontológica de América Central*, Publicaciones del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México, Nº 204, 1958; Gabriel Dengo, "Historia del desarrollo del conocimiento geológico de América Central", *Anales de la Academia de Geografía e Historia de Guatemala*, 62, 1988: 153-190.

descubrimientos de mastodontes en Tambla, Honduras[9], que luego pavimentaron el camino para el entendimiento de este sector de las Américas como un puente y filtro biológico a lo largo de decenas de millones de años hasta la actualidad.

Los mapas geológicos y vulcanológicos pioneros (1852-1890)

Cerca del año 1827, Alexander von Humboldt se acercó al geógrafo Heinrich Berghaus, un reconocido cartógrafo, con el propósito de colaborar en un atlas geográfico[10], que con el cabo de los años publicó un atlas temático, el primero de índole global, y cuya segunda edición (1852) incluyó tres mapas regionales de volcanismo, uno de ellos de América Central[11]. Los otros dos fueron de la región del Pacífico y de las regiones Atlántico-Índico. Estos mapas sirvieron como inspiración y cooperación con otro mapa del volcanismo del mundo, el de Alexander Keith Johnston, publicado en 1856, pero sin detalles de América Central, como lo tuvo el original de Berghaus[12].

Luego, el geólogo alemán Karl von Seebach, quien estuvo en Costa Rica y estudió los volcanes en los años de 1864-65, fue el primero que presentó una descripción sistemática y detallada regional de los volcanes de América Central en 1892[13], que fueron los primeros de este tipo en el Nuevo Mundo, después de estudios similares en Italia.

[9] J. Leydi, "On a mastodon tooth from Honduras", *Academy of Natural Sciences of Philadelphia Proceedings*, 2, 1859, p. 91.

[10] Bárbara M. Christy y Paul D. Lowman Jr., "Global maps of volcanism: two maps from two centuries", en Nicoletta Morello (ed.) *Volcanoes and History*. Proceedings of the 20th INHIGEO Symposium, Brigatti, Genova, 1998: 65-90.

[11] Heinrich Berghaus, "Physikalischer Atlas" 2ª ed., *Gotha*, Justus Perthes, Phillips 216; Espenhorst 2.7.1, 1. Aufl. 1852.

[12] Christy y Lowman, Ibid., pp. 68-69; Alexander K. Johnston, *The physical atlas of natural phenomena*. New and enlarged edition, Edimburgo y Londres, William Blackwood & Sons, Phillips, 1856, 137 pp.

[13] Karl Von Seebach, *Ueber Vulkane Zentralamerikas*, Abh K. Gesell. Wiss. Z. Gotinga, Alemania, 1892, 38: 1-251.

Entre las contribuciones más sobresalientes en el rango geológico en esta época pionera (ver Tabla 1) están la de Gustav Karl Wilhelm Herman Karsten, quien desde 1844 siguió entusiasmado los pasos de Humboldt en Venezuela, luego Colombia y Ecuador, y en 1858 publicó el mapa geológico de la Gran Colombia[14] incluyendo Panamá (en ese momento parte de Colombia), considerado el primero que cubría una porción de América Central. Es importante además, porque muestra las estructuras geológicas que unen Centro y Sudamérica, de una manera generalizada. Su obra geológica general en estos países no fue publicada sino hasta casi treinta años después, en 1886[15].

Por su parte, los geólogos franceses Auguste Dollfus y Eugene De Montserrat, publicaron un mapa geológico del norte de América Central (El Salvador y gran parte de Guatemala) en 1868, el primero de América Central Septentrional[16] (Figura 1). Este mapa muestra muy bien los principales aparatos volcánicos de la región, y cierta distribución orográfica que sugiere las megaestructuras que separan las placas del Caribe y América del Norte, pero todavía las estructuras regionales no se muestran.

En el sector sur, en Costa Rica, el geólogo estadounidense William M. Gabb trabajó entre 1873-76. Gabb había trabajado antes en California, Oregon, Vancouver, Baja California (México), La Española (República Dominicana y Haití) y luego vino contratado a Costa Rica. Además publicó sobre fósiles de Perú y de otros estados de Estados Unidos (Alabama, Nueva Jersey). Fue un especialista del Cretácico y conspicuo mapeador. Aunque muchos de sus resultados

[14] Herman Karsten, "Mapa geológico de la Gran Colombia (1858)", reproducido en la *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales,* VII, 1947, 27 pp.

[15] Herman Karsten, *Géologie de l'ancienne Colombie Bolivarienne, Vénézuéla, Nouvelle Grenade et Equatoeur*, Berlín, R. Friedlander and Sohn, 1886, 62 pp.

[16] Auguste Dollfus y Eugene de Montserrat, *Voyage géologique dans les républiques de Guatemala et de Salvador. Mission Scientifique en Mexique et dans l'Amérique Centrale*, París, Imprimerie Impériale, 1868.

quedaron inéditos debido a su prematura muerte en 1878, realizó un mapa de una gran área del lado caribe de Costa Rica, mapa que estuvo perdido por largo tiempo y fue rescatado recientemente[17]. Gabb había sido originalmente contratado como explorador para minerales para una compañía privada, pero luego su contrato pasó al gobierno costarricense. Parte de su trabajo ha sido rescatado de manera póstuma, incluso de manera muy reciente[18].

Luego fue George Atwood, geólogo inglés, quien en 1882 produjo un mapa geológico entre la costa pacífica y los volcanes Irazú y Turrialba, en Costa Rica[19].

[17] El mapa había pasado por varias manos e incluso fue redibujado. En la mayoría de las publicaciones de traducción de sus trabajos, no aparecen los mapas. El mapa fue finalmente encontrado en una versión redibujada, la cual fue asimismo re-redibujada y publicada por Percy Denyer y Gerardo J. Soto, "Análisis de los trabajos geológicos de William M. Gabb sobre Costa Rica, a la luz del paradigma geológico del siglo XIX", *Reista. Geológica de América Central,* 23, 2000: 97-118.

[18] Sus trabajos fueron en parte usados para los arbitrajes de límites entre Costa Rica y Panamá: William M. Gabb, *Informe sobre la exploración de Talamanca verificada durante los años 1873-1874* (Introducción por H. Pittier), San José, Costa Rica, Tipografía Nacional, 1895. Un manuscrito inédito fue encontrado en los archivos del *United States Geological Survey*, el cual contenía mucha información que no se conocía, la cual fue finalmente publicada en la *Revista Geológica de América Central*, con comentarios al respecto: Percy Denyer y Oscar H. Lücke, "Comentario sobre William M. Gabb: Legado y contribuciones inéditas y olvidadas", *Revista Geológica de América Central*, 37, 2007: 91-102; William M. Gabb, "On the Geology of the Republic of Costa Rica", Transcripción de Oscar H. Lücke, Viviana Gutiérrez y Gerardo J. Soto, [del original del manuscrito de 1874, de la biblioteca del U.S. Geological Survey, bajo la signatura 203(386)gG20], *Revista Geológica de América Central*, 37, 2007: 103-118; A. Petermann, "La investigación de W. M. Gabb en Talamanca y la situación cartográfica en Costa Rica, año 1877", Traducción de Siegfried Kussmaul, 2007 [del original de 1877 publicado en Mitteilungen aus Justus Pethes' Geographischer, Gotha 23 (10): 385-387], *Revista Geológica de América Central*, 37, 2007: 119-122.

[19] George Attwood, "On the Geology of a Part of Costa Rica, with an Appendix by W.H. Hudleston", *Quarterly Journal of the Geological Society*, 38, 1882: 328-340 + geological map.

Estos trabajos son de una índole más bien litoestratigráfica, y carecen de una visión estructural, en la que solo se muestran posibles pliegues y las fallas son ausentes.

Los estudios de factibilidad para un canal a través de Nicaragua entre 1872 y 1873 generaron mapas geológicos por B.F. Whitfield en 1874[20], y más tarde, en un amplio volumen publicado a finales de siglo, se incluían dos mapas, uno general de la región del Canal de Nicaragua, y el otro detallado de la región del canal[21], mientras tanto, Charles W. Hayes, uno de los miembros de la comisión, publicaba sobre la geología de esa ruta de Nicaragua[22].

La posibilidad de un caso del canal a través de Panamá, también tuvo sus efectos positivos en la investigación geológica. Sin embargo, ya había antecedentes de investigación geológica para cuando se construyó el ferrocarril de Colón – Panamá (1849-1955), o en la búsqueda de yacimientos carboníferos en Bocas del Toro y Azuero en las décadas de 1840-60, y en trabajos de índole vulcanológica básica en el volcán Barú[23]. Las investigaciones sobre el canal propiamente darían inicio en 1881, a través de la francesa *Compagnie Universelle du Canal Interocéanique*. Los primeros trabajos con mapas y esquemas geológicos fueron elaborados por los geólogos franceses Marcel Bertrand y Phillipe Zürcher, con el aporte

[20] B. F. Whitfield, "Report of Geology of the Nicaraguan Surveying Expedition", en: C. Hatfield. et al. (eds.) *Reports of Explorations and Surveys for the Location of a Ship-Canal between the Atlantic and the Pacific Oceans through Nicaragua, 1872-1873*, Washington, 1874: 25-31.

[21] John Grimes Walker, Peter Conover Hains, Lewis Muhlenberg Haupt, Arthur Powell Davis, Boyd Ehle, S. S. Evans, L. Hankins, Stephen Harris, Charles Willard Hayes, Andrew Onderdonk, Francis Lee Stuart, H. H. Trundle y Ebenezer Smith Wheeler, *Report of the Nicaragua canal commission, 1897-1899*, Vol. 1, The Friedenwald Company, 1899, 502 pp.

[22] Charles Willard Hayes, "Physiography and geology of regions adjacent to the Nicaragua canal route", *Geological Society of America Bulletin*, 10, 1899: 285-488.

[23] Interesantes detalles de estas investigaciones los da Ángel Rubio, *Notas sobre geología de Panamá*, Panamá, Departamento de Cultura y Ministerio de Educación, 1949, xiii + 33 pp.

paleontológico del francés H. Douville en la década de 1890[24]. Este trabajo fue seguido luego por reportes y mapas más elaborados para la geología del Canal de Panamá, realizados por varios geólogos estadounidenses, cuyos antecedentes se remontan incluso a 1874, con las investigaciones de G.A. Maack en el tapón del Darién[25]. Los trabajos que se pueden considerar más trascendentes en esta época por sus mapas e interpretaciones, son los del geólogo estadounidense Donald F. MacDonald[26]. En todos estos trabajos el aspecto ingenieril fue el fundamental, para los efectos prácticos de excavación del canal y enfrentar el enorme problema geotécnico que representó.

Investigación petrolera y minera y mapas geológicos a partir de ellas (1910-1930)

A principios del siglo XX, el geólogo británico James Romanes investigó en Costa Rica occidental (Península de Nicoya) y central, describiendo las series sedimentarias e ígneas y haciendo perfiles geológicos del Golfo de Nicoya y de las Minas de Abangares, y del Valle Central, donde puso especial énfasis amplio en las rocas que

[24] Una síntesis de estos trabajos es presentada por Rubio, ibídem, p. 27. Los trabajos de los geólogos mencionados permanecieron inéditos y no fue sino hasta que se publicó el "Report on Board of Consulting Engineers of the Panama Canal", en Washington, en 1906, que apareció como un inserto. Los detalles paleontológicos se publicaron en: H. Douville, "Sur l'âge des couches traversées par le Canal de Panamá", *Comptes Renduz de l'Academie des Sciences de Paris,* 112, 1891: 497-499.

[25] Rubio, ibídem, pp. 27-28.

[26] Hay varios trabajos, pero los más trascendentes son los pioneros de 1913 y el compendio de 1919: Donald F. MacDonald, "Geologic section of the Panama Canal Zone", *Bulletin of the Geological Society of America*, 24, 1913: 701-711; Donald F. MacDonald, "Isthmian geology", *Isthmian Canal Commission, Annual Report*, 1913: 564-582; Donald F. MacDonald, "Contributions to the geology and paleontology of the Panama Canal Zone and geologically related areas in Central America and the West Indies. The sedimentary formations of the Panama Canal Zone, with special reference to the stratigraphic relations of the fossiliferous beds", *Bulletin of the United States National Museum,* 103, 1918: 525-545.

luego serían llamadas ignimbritas, siendo el primero en describirlas[27].

Desde 1915, las compañías petroleras estadounidenses se interesaron en la exploración del sector caribe de Panamá y Costa Rica, de modo que se desarrollaron amplias investigaciones geológicas que llevarían a notables mapas geológicos. Los trabajos del mencionado geólogo MacDonald[28], quien previamente se había involucrado en el estudio de la geología del Canal de Panamá, por R.A. Terry, quien luego publicaría un mapa geológico de Panamá en 1934, preparado especialmente para el libro de Charles Schuchert[29], luego una actualización inédita en 1943 y escribiría un extenso reporte sobre la geología de Panamá en 1956[30] después de permanecer años en la región, y sobre todo de Wendell P. Woodring, sobre la geología del Canal de Panamá y la tectónica del Caribe[31],

[27] James Romanes, "Geology of a part of Costa Rica", *Journal of the Geological Society of London*, 68, 1912: 103-139.

[28] Los trabajos más notables de MacDonald relacionados con asuntos estratigráficos petroleros son: Donald F. MacDonald, "Notes on the stratigraphy of Panama and Costa Rica", *Bulletin of the American Association of Petroleum Geology*, 3, 1919: 363-366; Donald F. MacDonald, "Some factors in Central America geology that may have a bearing on the origin of oil", *Bulletin of the American Association of Petroleum Geology*, 4, 1920: 263-268.

[29] El mapa aparece en el libro de Schuchert que será citado más adelante, en la página 560, como la figura 84, y se reconoce que el grueso de la información ha sido producida por numerosos geólogos, la mayoría empleados por compañías petroleras. Schuchert agradece a Terry en el Prólogo, p. xi, y en el pie de la figura 84 se menciona que el mapa es publicado con el debido permiso de la *Sinclair Panama Oil Corporation* y la *Cities Fuel and Power Company*. Una prueba elocuente de la contribución indirecta del trabajo de las empresas petroleras.

[30] R. A. Terry, "A geological reconnaissance of Panama", *California Academy of Sciences Occ. Paper*, 33, 1956.

[31] Los trabajos de Woodring son muchos, pero deben destacarse acá los siguientes: Wendell P. Woodring, "Tectonic features of the Caribbean Region", *Proceedings of the Third Pan-Pacific Science Congress*, Tokyo, 1, 1928: 401-441; Wendell P. Woodring, "Geology and paleontology of Canal Zone and adjoining parts of Panama", *United States Geological Survey Professional Paper* 306-A, 1957: 1-145.

son de las contribuciones más notorias en las décadas de 1910-1920, relacionadas con esta exploración.

Mapas geológicos y vulcanológicos regionales (1894-1937)

El geólogo alemán Karl Sapper llevó a cabo una enorme labor entre 1888 y los años de 1930, produciendo los primeros mapas regionales entre 1894 y 1905. Incluso es considerado uno de los primeros vulcanólogos *sensu stricto*, y publicó numerosos artículos sobre el tema de los volcanes de América Central, con mapas fisiográficos, pero no mapas geológicos detallados. Sapper viajó a pie por toda América Central en compañía de dos indígenas guatemaltecos, produciendo impresionantes mapas geológicos. Así, por ejemplo, publicó uno de Guatemala en 1894, del norte de América Central, sobre todo Guatemala, en 1899 (Figura 2) y los mapas geológicos suplementarios del resto de América Central, en 1905[32]. Estos mapas geológicos continuaban siendo principalmente litoestratigráficos, con no muchos detalles cronoestratigráficos y menos aún estructurales. Sin embargo, destacan las estructuras mostradas en el mapa de Guatemala de 1899, donde se mapea aproximadamente la gran estructura geológica de las fallas Polochic-Motagua-Chamelecón, que separan las placas Norteamericana y Caribe en el centro de Guatemala (ver Figura 2).

En el norte de América Central, otras exploraciones geológicas fueron llevadas a cabo en la década de los 1920 por los geólogos estadounidenses Sidney Powers (Guatemala-Honduras) y L.H. Ower (Belice), el sueco H. Waddel (Guatemala septentrional) y el alemán L. Waibel (Chiapas). Todos ellos publicaron notorios mapas

[32] Los trabajos más importantes que muestran los mapas geológicos mencionados son: Karl Sapper, "Grundzüge der physikalischen Geographie von Guatemala", *Petermanns Geographische Mitteilungen*, (24) 113, 1894: 1-59; Karl Sapper, "Ueber Gebirgsbau und Boden des nördlichen Mittelamerika", *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 27 (127), 1899: 1-119 pp; Karl Sapper, "Über Gegirgsbau und Boden des Südlichen Mittelamerika", *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 32 (151), 1905, pp. 1-82.

geológicos (ver Tabla 1), en los que las fallas se muestran más evidentemente como parte integral del mapa geológico[33].

El interés por el conocimiento de los georrecursos y su futura exploración y explotación, dio pasos a nivel gubernamental en Costa Rica, donde se contrató el geólogo suizo Paul Schaufelberger en 1929, primero para enseñar ciencias en secundaria y para trabajar con la geología del país. Schaufelberger compiló y produjo un nuevo mapa (Figura 3) y perfiles geológicos en Costa Rica en la década de 1930[34]. A pesar de que Sapper ya había publicado un mapa de Costa Rica en 1905, el de Schaufelberger es más interpretativo e incluye perfiles con estratigrafía.

Este periodo pionero en la producción de mapas geológicos en América Central termina con la publicación de tres libros importantes: *Los volcanes de la América Central* (1925)[35] por el alemán Karl Sapper, *Historical Geology of the Antillean-Caribbean Region – or The Lands Bordering the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea* (1935)[36] por el estadounidense Charles Schuchert, y *Mittelamerika: Handbuch der Regionalen Geologie* (1937)[37] por Karl Sapper, el cual sintetiza su trabajo geológico en la región a lo largo de más de cincuenta años.

Sapper ya había publicado prolíficamente sobre los volcanes de la América Central, desde 1893, cuando escribió acerca de los volcanes guatemaltecos, y para 1925 ya había publicado al menos veinticuatro trabajos sobre el volcanismo y los volcanes de esta

[33] L.H. Ower, *The geology of British Honduras*, Belice, Colonial Secretary's Office, 1928, 24 pp. + mapa geológico; L.H. Ower, "Geology of British Honduras", *Journal of Geology*, 36, 1928: 494-509; Sidney Powers, "Notes on the Geology of eastern Guatemala and northwestern Spanish Honduras", *Journal of Geology*, 26, 1918: 507-523; Dengo, 1988, ibídem.

[34] Paul Schaufelberger, *Apuntes de Geología: La necesidad de un mapa geológico de Costa Rica y su importancia para la industria cafetalera*, San José, Imprenta Borrasé, 1934, 7 pp.

[35] Publicado por Max Niemeyer, Halle, 144 pp.

[36] Publicado por John Wiley and Sons, Nueva York, xvi + 811 pp.

[37] Publicado por Steinman und Wilkens, Heidelberg, 160 pp.

región, aparte de los volcanes de las islas de las Antillas Menores. El libro es prolífico en mapas, pero no de mapas geológicos específicos de volcanes.

Los otros dos libros puntualizan las diferencias significativas en la historia geológica y la constitución de América Central septentrional y meridional, a partir de mapas geológicos. La comprensión de las estructuras regionales hubiera sido imposible sin la contribución de los mapas geológicos de muchos geólogos a lo largo de casi ochenta años de labores. La visión de Sapper estaba basada en su profuso y prolijo trabajo de campo, con miles de afloramientos visitados y descripciones, e incluso sus mapas fueron usados por Schuchert para su visión geológica global del área. Sin tapujos, Schuchert alaba el trabajo de Sapper: "la estratigrafía y estructura de las montañas de América Central han sido el motivo de vida del idealista alemán Karl Theodor Sapper, y están descritas en su trabajo monumental", y luego lo llama "el padre de la Geología de América Central, quien sin ayuda y como una labor de amor, hizo conocer a los geólogos mucho de la geografía y geología de casi toda esta vasta área"[38].

Schuchert compiló e interpretó a la luz de los paradigmas geológicos de la época, lo que en la época se conocía sobre la geología del área circuncaribe, incluyendo el Golfo de México y las áreas aledañas en Norte y Sudamérica, proponiendo grandes áreas geosinclinales y geoanticlinales, como las principales estructuras geotectónicas de la región. De acuerdo con la opinión de Gabriel Dengo[39] el trabajo de Schuchert representa una de las más importantes piezas claves para el entendimiento de la geología del Caribe y áreas circunvecinas, mientras que el de Sapper coronó el periodo de investigación en el istmo centroamericano.

Según escribe Schuchert en el prefacio de su impresionante libro de más de ochocientas páginas, "las montañas de América Central y

[38] Schuchert, ibídem, pp. viii-ix y 2, respectivamente. Traducciones libres del autor de este trabajo.
[39] Dengo, ibídem.

de las Antillas Mayores solo son conocidas en su esquema general, puesto que gran parte de ellas, como resultado de plegamiento y tremendo fallamiento, han sido quebradas y hundidas en las profundidades del Caribe"[40]. Así, el capítulo más importante de su libro viene a ser el segundo, donde hace las interpretaciones más trascendentes, desde el punto de vista geotectónico (Figura 3), y que luego será caldo de cultivo para las interpretaciones dentro del paradigma de la Tectónica de Placas.

Epílogo de mapas:
breve vistazo al periodo de la guerra y posguerra

Con el advenimiento de la Segunda Guerra Mundial entre 1939 y 1945, la investigación geológica en América Central decayó notoriamente, y estuvo centralizada sobre todo a la investigación de minerales estratégicos militarmente[41]. Pero había algunos caminos emprendidos que no tendrían final fácilmente.

De tal manera, surgieron varios mapas en Panamá, pues sin lugar a dudas, el área del Canal, durante su construcción y posterior a ella, durante su operación, fue uno de los acicates fundamentales para la investigación geológica aplicada, y por eso se produjeron varios mapas geológicos a pequeñas escalas, que permanecieron inéditos y luego fueron publicados de una u otra manera, como el mencionado de Terry en 1943 (a escala 1:5 millones), el de MacDonald en 1942 (la misma escala del anterior) y otro producido por A. Olsson en 1942 a partir del de Sapper del año 1905 (escala 1:7 millones)[42]. Asimismo, el Prof. Federico K.G. Müllerried publicó en México, en 1944, un mapa compilativo a escala 1:5 millones, el "Mapa Geológico de América Central"[43]. Dos años después, en 1946, George W. Stose publicó el "Geological Map of North America", que incluía las rocas y formaciones de América Central, también a

[40] Schuchert, ibídem, p. ix. Traducción libre del autor de este trabajo.
[41] Escalante & Soto, ibídem.
[42] Los detalles se pueden ver en Rubio, ibídem, p. 32.
[43] Publicado por la *Revista de Geografía* del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, tomo IV, números 10, 11, 12.

escala 1:5 millones[44]. El nuevo gran mapa que seguiría fue el de los recursos minerales de Robert & Inrving en 1957[45], pero eso ya es otra historia.

Discusión y conclusiones

El desarrollo de los mapas geológicos en Europa fue rápido y exponencial en la primera mitad del siglo XIX, y algo parecido sucedió en Norteamérica, cuando la conquista de nuevos territorios implicó además la prospección de georrecursos, y por lo tanto la exploración geológica y la producción de nuevos mapas geológicos[46].

Las investigaciones geológicas en América Central no se iniciaron hasta la década de 1840, sin embargo, y debido a la visita de naturalistas principalmente europeos y minoritariamente norteamericanos, atraídos por tres motivos principales: el trabajo explorador y motivador de Alexander von Humboldt (1799-1804), la gran erupción del volcán Cosigüina en Nicaragua (1835), y los relatos contenidos en el libro de John Lloyd Stephens, *Incidents of Travel in Central America, Chiapas and Yucatan* (1841). La mayoría de las investigaciones al principio se enfocaron en la búsqueda de yacimientos minerales y la consecuente explotación de minas, la búsqueda para una vía apropiada para un canal que conectara el Caribe con el Pacífico (Nicaragua o Panamá), y los eventos volcánicos y sísmicos.

Los primeros mapas geológicos en la región aparecieron como consecuencia de las investigaciones geológicas en la segunda mitad de la década de 1850. Los mapas geológicos regionales respondían a inquietudes más académicas: geología y fenómenos naturales y fueron producidos principalmente entre las décadas de 1850-1870,

[44] Fue publicado por la *Geological Society of America*, Washington, en dos hojas.
[45] R. J. Roberts y E. M. Irving, "Mineral deposits of Central America", *United States Geological Survey*, 1034, 1957, 205 pp.
[46] Véase por ejemplo King y Beikman, ibidem, p. 3.

pero en otros países como Belice u Honduras, debieron esperar hasta el siglo XX (Figura 5).

Los mapas geológicos de áreas específicas tenían un propósito más aplicado, como la minería y las prospecciones para el canal, ya fuera en Nicaragua primero o en Panamá después. Muchos mapas geológicos cubrían áreas exiguas, con propósitos netamente mineros, a escalas grandes, pero no mostraban las relaciones litológicas ni litoestratigráficas para concederles importancia general.

La investigación geológica hasta el inicio de la Segunda Guerra Mundial fue llevada a cabo mayoritariamente por foráneos: primero europeos y paulatinamente estadounidenses. Así, los mapas geológicos regionales fueron hechos exclusivamente por foráneos. Para la segunda mitad del siglo XIX, las instituciones propias de los países fomentan investigaciones, contratando o cooperando con foráneos, con apoyo de "sabios" locales (por ejemplo Museo Nacional e Instituto Físico-Geográfico en Costa Rica en 1887-88; Museo Nacional de Nicaragua en 1900). Al final del periodo, esto es, cerca del inicio de la Segunda Guerra Mundial o poco después, empieza la producción de científicos autóctonos centroamericanos.

Resulta importante y de interés, recapitular sobre el estado del conocimiento geológico de avanzada en el siglo XIX y lo que se plasmaba en los mapas geológicos en América Central en ese momento. Comparativamente, podríamos echar un vistazo a los que sabía para las cercanías de 1900, como punto intermedio del periodo analizado, puesto que además, los mapeadores eran importados, y cabría esperar entonces que trajeran consigo las metodologías geológicas de punta en ese momento[47].

[47] Para una idea general del conocimiento geológico el entonces inicial siglo XX, se puede tomar como referencia el trabajo de Puche y otros, donde se analiza el Congreso Geológico Internacional de París y el "estado del arte" en ese momento en Geología: Octavio Puche, Luis F. Mazadiego y Paz Kindelán, "The VIII International Geological Congress, paris 1900", *Episodes*, 31(3), 2008: 336-343.

Los principios estratigráficos, por ejemplo, eran conocidos desde principios del siglo XIX y en efecto, fueron usados con propiedad desde los primeros mapas en América Central. El conocimiento paleontológico, por su parte, crecía a lo largo del siglo XIX. En los mapas de 1870 ya se usan con propiedad muchas especies del Cretácico y Terciario (verbigracia, Gabb en sus mapas de Costa Rica y República Dominicana o ayudando a la datación paleontológica en Perú). Los principios paleontológicos más importantes sobre nomenclatura se dan entre 1900 y 1904 y esto se refleja en los mapas de 1920 y 1930, como los de MacDonald, Terry y Woodring en Panamá.

En 1873, el geólogo estadounidense James Dana había propuesto la teoría de los geosinclinales, en 1877 el naturalista austriaco Eduard Suess publicó un trabajo sobre el origen de los Alpes, y en 1897 Maurice Lugeon estableció diferentes periodos orogénicos de grandes plegamientos[48]. Fue entonces, un tiempo ideal para las interpretaciones tectónicas a gran escala, de allí en adelante. Por esto, los mapas principales antes del fin de siglo, incluyen pocas fallas o ninguna y conforme avanza el tiempo (los mapas de Sapper de 1899, por ejemplo) solo aparecen fallas normales (en concordancia con una geología "más norteamericana"). Trabajos más avanzados en el siglo, como los de Ower en Belice, contienen más fallas, pero nunca hacen relaciones con tectónica de sobrecorrimientos e intensos plegamientos, como si fueran los Alpes. El trabajo regional de Schuchert, al utilizar una escala megascópica de la región Caribe y circunvecina, sí usa la tectónica regional por primera vez, usando la conceptualización de los geosinclinales, que como se mencionó, fue luego un productivo y locuaz sugerente para cuando se desarrolló la Tectónica de Placas, tres décadas después.

Por su parte, en 1905, Louis de Launay propuso el término "metalogenia", para las correlaciones de tipos geológicos con mineralización[49]. Así empezó a usarse luego en los mapas regionales, y en parte serían conceptos usados en el mapa de los años

[48] Puche, Mazadiego y Kindelán, ibídem, p. 341.
[49] Ibídem, p. 342.

cincuentas, de Roberts e Inving, mencionado antes. Previamente, en América Central no existieron relaciones directas muy estrechas entre los diferentes distritos mineros para comprender las edades y provincias metalogenéticas, aunque se ven en varios distritos mineros aislados.

Los mapas geológicos que vendrían en los años ulteriores a la Segunda Guerra Mundial fueron desarrollados con el bagaje conceptual adquirido, y sobre todo por geólogos de ascendencia cada vez más autóctona. Nuevas instituciones gubernamentales como servicios geológicos y mineros o similares se fueron desarrollando y vivieron etapas de esplendor y decadencia. Ese es un tema para otros artículos de análisis, empero.

Hoy se está en las puertas del mapa geológico unificado del mundo, y aunque se han procurado esfuerzos por compilar el conocimiento geológico del istmo centroamericano[50], y se pretende una terminología y un mapeo estandarizado, solo Costa Rica es miembro adherente en América Central al programa "*oregeology*" mencionado al principio. El problema es que la geología no conoce fronteras, pero las instituciones geológicas sí.

Agradecimientos

Se agradece el aporte de los proyectos N° 830-A7-511 de la Universidad de Costa Rica y el N° 113-A9-509 del Consejo Nacional de Rectores (CONARE) de Costa Rica, así como el apoyo financiero de Terra Cognita Consultores S.A.

[50] El libro en dos tomos editado por Bundschuh y Alvarado en el 2007 es el más claro ejemplo, que aunque carece de un mapa geológico unificado, plantea asuntos geológicos, estratigráficos petrológicos y tectónicos regionales, en miras a la estandarización futura: Jochen Bundschuh y Guillermo E. Alvarado (eds.), "Central America: Geology, Resources and Hazards", Taylor & Francis, Londres, 2007, vol. 1 y 2, lix + 1311 pp.

Tabla 1: Primeros mapas geológicos para cada país de América Central[51]

País	Autores	Año
Guatemala	A. Dollfus & E. de Montserrat	1868
Belice	L.H. Ower	1928
Honduras	K. Sapper	1905
El Salvador	A. Dollfus & E. de Montserrat	1868
Nicaragua	B.F. Whitfield	1874
Costa Rica	W.M. Gabb	1873
Panamá	H. Karsten	1858

[51] Cf. Escalante y Soto, 2007, ibidem, p. 67.

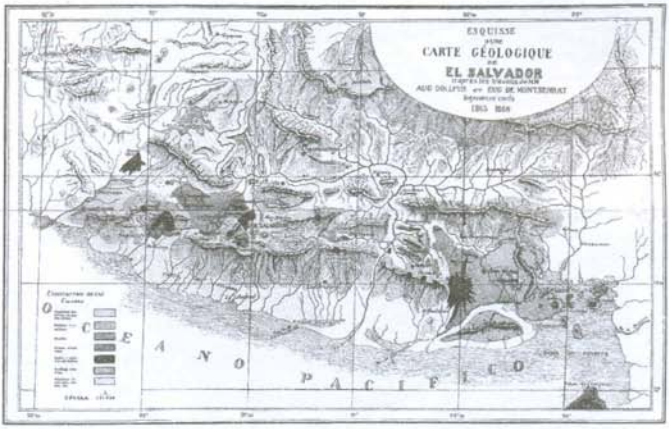

Figura 1: Mapa geológico de El Salvador, por Auguste Dollfus y Eugene de Montserrat de 1868, reproducido en el siglo XX por la Asociación Cafetalera de El Salvador.

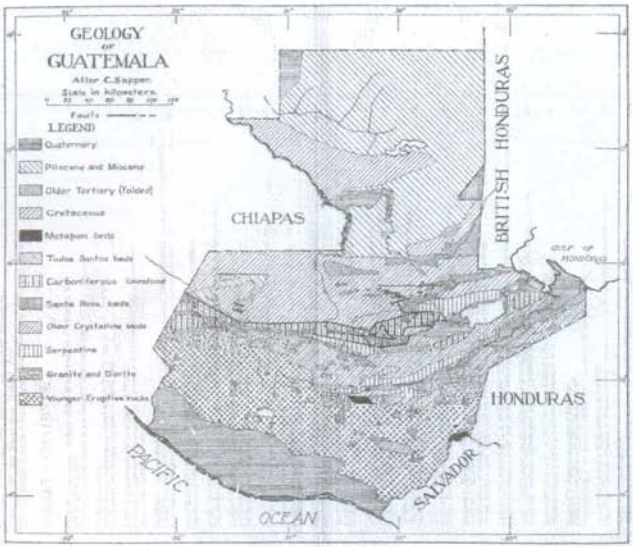

Figura 2: Mapa geológico de Guatemala, publicado por Charles Schuchert en 1935, basado en la geología que publicó Karl Sapper en 1899.

Figura 3: Mapa geológico simplificado de Costa Rica, por Paul Schaufelberger en 1934.

Figura 4: Mapa geotectónico del área circuncaribe según la interpretación de Charles Schuchert en su libro de 1935. Los geosinclinales se muestran en puntos, las tierras neutrales con cruces, el Golfo de México con líneas horizontales discontinuas, y las áreas oceánicas con líneas continuas.

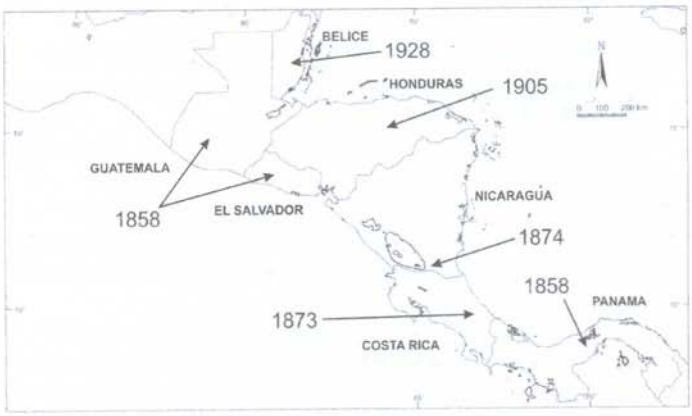

Figura 5: Fechas de la producción del primer mapa geológico en cada país de América Central.

Geografía e Historia Natural: hacia una historia comparada

Estudio a través de Argentina, México, Costa Rica y Paraguay

Participan:

Luz Fernanda Azuela Bernal
Ignacio Daniel Coria
Consuelo Cuevas Cardona
Ronald Eduardo Díaz Bolaños
Francisco Enríquez Solano
Miguel García Murcia
Marcela Hernández Carcagno
Celina A. Lértora Mendoza
Claudia Morales Escobar
Giovanni Peraldo Huertas
Ana Mirka Seitz
Ana Eugenia Smith
Flora J. Solano Chaves
Gerardo J. Soto
Rodrigo Vega y Ortega Báez

ISBN 978-950-9262-49-2

Fundación FEPAI