

Prologue



<https://doi.org/10.32685/pub.esp.35.2019.Prologue>
Published online 12 November 2020

This work marks a fundamental milestone in the geological knowledge of Colombia. This work is the result of four years of intense work by the editors Jorge GÓMEZ TAPIAS and Daniela MATEUS ZABALA and a small group of collaborators who, through the Servicio Geológico Colombiano, present the work ***The Geology of Colombia***. These four volumes would not have been completed without the firm support of Dr. Oscar PAREDES ZAPATA, who, as director of the Servicio Geológico Colombiano, provided the material and human resources that made this work a success.

Previous attempts to compile the vast knowledge of fascinating Colombian geology have been incomplete. The *Evolución geológica de Colombia* carried out by Jean-François TOUSSAINT between 1993 and 1999 was a great and highly commendable effort by a single author. The partial syntheses made by Fabio CEDIEL and collaborators in 2003 and the most recent version edited by CEDIEL and SHAW (2019) *Geology and Tectonics of Northwestern South America* were outstanding efforts. The 2006 publication *Tectonic Evolution of the Colombian Andes* in a special issue of the *Journal of South American Earth Sciences*, which we edited with Manuel MORENO, was another important intent written almost entirely by Colombian geologists.

This work is more significant compared to previous geologic summaries. The present legion of geologists and geophysicists contributed their regional expertise and specialties to thoroughly represent the current geological knowledge of the country. Participation from academia and industry shows that Colombian geology is vigorous and active.

The editorial treatment of the chapters and their peer evaluation, the professional presentation of figures and maps, the style corrections, and the final layout of each chapter further enhance the already important scientific value of all the contributions.

At times like these, we should remember the observations and work of those who laid the foundations of our present knowledge. As a scholar and observer of the Andes who is located more than 6000 km away, I consider myself privileged to have been able to follow the evolution of that knowledge through the decades. First, I would like to remember Paul GANSSER (1910–2012), who after his successful investigations in the Himalayas, landed in Colombia and performed fundamental studies during the 1930s and 1940s, leaving us his *Facts and Theories on the Andes* of 1973. In this work, he first divided the Andes based on plate tectonics, a division that is still used by Andean geologists. In the following decade, we participated in a nearly month-long field trip to Antarctica, where we and Paul GANSSER discussed his explanations of the complex structure of the Colombian Andes. These talks were in correct Spanish and full of incredible stories and anecdotes. I also would like to recall the works of Jacques BOURGOIS and collaborators, who unraveled the complex structure of ophiolites in a sector of the Western Cordillera. We shared discussions during several Andean symposia with François MÉGARD, another great promoter of Colombian tectonic evolution with his models of the Mesozoic – Cenozoic island arc accretion by reverse subduction and collision. Another person who introduced me to this fascinating geology was Professor Manuel JULIVERT, who in his visits to Buenos Aires, described the structural geology of the Eastern Cordillera fold belts. His experience was obtained through several years of teaching and research at the Universidad Industrial de Santander and the Univer-

sidad Nacional Sede Bogotá between 1957 and 1963. His work on *Cover and Basement Tectonics in the Cordillera Oriental of Colombia, South America, and a Comparison with Some Other Folded Chains* pre-dated by several years the acceptance of tectonic inversion as a structural style. This group of colleagues, and others, introduced me to exciting Colombian geology.

However, the person most responsible for me being here today is Dr. Umberto CORDANI, a great promoter of the geochronology of Colombia and editor of the *Tectonic Evolution of South America*, on the occasion of the International Geological Congress held in Rio de Janeiro in 2000. CORDANI telephoned me to tell me that he had to send this book to the printer but the Northern Andes chapter was missing; the invited authors had not provided their work. We met with my colleague and friend Antenor ALEMÁN in Houston, and in a few days, we prepared the chapter that awakened my curiosity about the geology of the Colombian Andes.

I learned from the pioneering studies of Darío BARRERO to recognize oceanic rocks in the Western Cordillera and about their accretion in the Late Cretaceous. From Alberto FORERO SUÁREZ I learned about the North American affinities of the Eastern Cordilleran basement terrane and the Laurentian influence of the associated Paleozoic basins. While sharing a room at a symposium in Medellín, Hermann DUQUE CARO and I had long conversations about the collision of the Chocó terrane and the determination of its age through precise micropaleontological analyses. Jorge RESTREPO and Jean-François TOUSSAINT taught me the complex accretion history of Colombia during the Magmatic Evolution of the Andes (IGCP–Unesco) symposia, and on a visit to Arizona, I learned about the isotopic interactions between Colombia and southern México blocks from Joaquín RUIZ.

These initial encounters showed me the complex problems of Colombian geology, and our new work *The Geology of Colombia* shows how much our knowledge has increased.

Numerous novelties are presented as reviews or original works in different chapters. One example is the precise geochronological determinations of the Putumayo Orogen, which changed our vision of the ancient Orinoquensis Orogeny by showing different ages and orogenic belts on the western margin of the Guiana Shield. Another example is the new ages of the Andean Proterozoic basement, which suggest a complex paleogeographic history.

The analysis of Paleozoic terranes and their paleogeographic distribution reaffirms the previously defined limits of these allochthonous blocks. However, new geochronological data allow us to re-evaluate Famatinian tectogenesis. Successive chapters show the dynamics of the Eopaleozoic accretion of Chibcha in the Late Ordovician and its influence on the distribution of Devonian and Neopaleozoic faunas with clear Laurentic affinities.

The increasing identification of a Permian magmatic arc in the Central Cordillera deserves to be mentioned since its obliteration by deformation and superimposed metamorphism makes it hard to identify. This destruction prevents an assessment of the vergence of deformation or metamorphism that could associate the magmatic arc with the Alleghanides Orogeny.

Later anathetic processes culminated in a Triassic extension, which is widely distributed along the Paleozoic continental proto-margin, with a strong presence in the Central Cordillera.

Jurassic evolution shows a complex paleogeography driven by the interaction between different Caribbean and Pacific Plates. The combination of paleomagnetic data, detrital zircon provenance studies, structural analysis, and the evolution of the Jurassic and Early Cretaceous magmatic arcs show different episodes controlled by the subduction kinematics along the Pacific margin.

Special mention should be made of the analyses showing the transition from an early Mesozoic extensional subduction regime to a compressive regime. For the first time, this important change is associated with the dynamics of the continental margin. Provenance studies in developed basins, the characteristics of their magmatic arcs, and the associated deformation allow us to explain the distribution of their deposits.

New dates, petrological analysis, and geochemical characterization of the accreted ocean terranes on the Pacific margin, highlight the processes that constructed the new margin. The characterization of areas with significant high-pressure metamorphism sheds light on their common characteristics and differences.

Studies on the source and provenance of the synorogenic deposits in the Eastern Cordillera and interpretation of their uplift history through fission track analysis allow different chapters to reconstruct the tectonic evolution of this Andean region.

Analysis of Pacific margin basins and Caribbean margin Cenozoic belts shows interaction mechanics in the accretionary prisms of the Farallón and Nazca Plates as well as the deformation from the passage of the Caribbean Plate through northern South America. The interaction of the Isthmus of Panamá and the South American continent deserves special attention because it shows connections prior to the collision of the Chocó Block and before the great faunal exchange.

Sedimentological studies and assessment of oleogenetic potential of the sedimentary sequences provide essential information to enhance the hydrocarbon value of these basins.

Analyses of the Cenozoic volcanic arc and presentation of the active Western and Central Cordilleran volcanic centers show the recent evolution of knowledge and the influence of Caldas Tear on the development. Geophysical and geothermal studies in the northern region of Eastern Cordillera show the hydrothermal processes associated with acidic volcanism and the remnants of the foreland migrated late Cenozoic arc.

Analyses of Quaternary sedimentation, neotectonic structures, and the evolution of the tropical biome are presented in an interrelated way, allowing them to be linked to global events that affected the entire continent.

A detailed reading of this work demonstrates the rapid advance of geological knowledge in recent years, the dynamic evolution of concepts with the application of new technologies and the degree of specialization obtained in different disciplines. The different presentations through successive chapters show us that old problems and questions have been solved, while the information provided illuminates new unknowns and opens up new challenges.

I would like to again congratulate the editors, editorial group, and numerous authors for their effort, which will undoubtedly be a difficult milestone to surpass in the advancement Colombian geologic knowledge.

Victor A. RAMOS
Buenos Aires, 3 November 2020

Prólogo



<https://doi.org/10.32685/pub.esp.35.2019.Prologue>
Published online 12 November 2020

La presente obra marca un hito fundamental en el conocimiento geológico de Colombia. Es el resultado de cuatro años de intenso trabajo de los editores Jorge GÓMEZ TAPIAS y Daniela MATEUS ZABALA y un reducido grupo de colaboradores, a través del Servicio Geológico Colombiano, que permite hoy presentar ***The Geology of Colombia***. Los esfuerzos realizados no hubieran cristalizado en estos cuatro completos volúmenes sin el firme apoyo del dr. Oscar PAREDES ZAPATA, quien como director del Servicio Geológico Colombiano procuró los medios materiales y humanos para el éxito de esta obra.

Si bien ha habido algunos intentos previos de reunir el vasto conocimiento que se tenía de la fascinante geología colombiana, estos han sido parciales o incompletos. La *Evolución geológica de Colombia* realizada por Jean-François TOUSSAINT entre 1993 y 1999 fue un gran esfuerzo de único autor, lo cual es muy loable. La síntesis realizada por Fabio CEDIEL y colaboradores en 2003 y la más reciente editada por CEDIEL y SHAW (2019) *Geology and Tectonics of Northwestern South America* fueron esfuerzos parciales destacados. La publicación de *Tectonic Evolution of the Colombian Andes*, editado por Manuel MORENO y quien subscribe en 2006, como número especial del *Journal of South American Earth Sciences* fue otra importante contribución escrita casi en su totalidad por geólogos colombianos.

Cuando se comparan estos intentos de resumir la geología de Colombia se realiza aún más el valor de la presente obra. Toda una legión de geólogos y geofísicos contribuyó con su experticia regional y especialidad a la comprensión cabal del conocimiento geológico actual del país. Participaron autores de diferentes instituciones, tanto académicas como de la industria, lo que nos muestra en conjunto lo pujante y activa que está la geología colombiana.

El tratamiento editorial de los capítulos y su evaluación por pares, la presentación profesional de las figuras y mapas, las correcciones de estilo y la compaginación final y acabada de cada capítulo valorizan aún más el ya importante valor científico de las distintas contribuciones.

En momentos como estos es necesario también recordar a quienes han contribuido en el pasado cercano, con sus observaciones y trabajos a través de los años, a sentar las bases del presente conocimiento. Como estudioso y observador de los Andes, ubicado a más de 6000 km de distancia, me considero un espectador privilegiado que a través de décadas ha podido seguir la evolución de ese conocimiento. En primer lugar, me gustaría recordar a Paul GANSSER (1910–2012) que después de sus exitosas investigaciones en los Himalayas recaló en Colombia e hizo estudios fundamentales durante las décadas del 30 y el 40 dejándonos como legado su *Facts and Theories on the Andes* de 1973. En esta obra hace la primera división de los Andes basada en la tectónica de placas, división que aún se usa por geólogos andinos. En la década siguiente participamos en un *fieldtrip* a la Antártida de casi un mes de duración donde compartíamos con Paul GANSSER, todas las noches, sus explicaciones de la compleja estructura de los Andes colombianos. Estas charlas fueron en un correcto español y llenas de historias y anécdotas increíbles. Deseo recordar los trabajos de Jacques BOURGOIS y colaboradores, quienes desentrañaron la compleja estructura de las ofiolitas de un sector de la cordillera Occidental. Compartimos discusiones durante varios simposios andinos con François MÉGARD, otro gran divulgador de la evolución tectónica de Colombia con sus modelos de acreción por

subducción reversa de los arcos de islas mesozoicos–cenozoicos y sus colisiones. La otra persona que me fue introduciendo a esta fascinante geología fue el profesor Manuel JULIVERT, quien en sus visitas a Buenos Aires nos describía la geología estructural de los cinturones de plegamiento de la cordillera Oriental. Obtuvo su experiencia a través de varios años de docencia e investigación en la Universidad Industrial de Santander y la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá entre 1957 y 1963. Su trabajo sobre *Cover and Basement Tectonics in the Cordillera Oriental of Colombia, South America, and a Comparison with Some Other Folded Chains* se anticipó varios años a la aceptación de la inversión tectónica como estilo estructural. Este grupo de colegas, entre otros, me introdujeron a la apasionante geología colombiana.

Sin embargo, el responsable de que yo esté hoy acá es el dr. Umberto CORDANI. Él es un gran propulsor de la geocronología de Colombia y editor de una magna obra: *Tectonic Evolution of South America*, en ocasión del Congreso Geológico Internacional realizado en Río de Janeiro en el año 2000. CORDANI me llamó por teléfono para decirme que tenía que mandar el libro a la imprenta y le faltaba el capítulo "Northern Andes"; dado que los autores invitados no habían cumplido. Nos reunimos con mi colega y amigo Antenor ALEMÁN en Houston y en unos pocos días preparamos ese capítulo que terminó de despertar mi curiosidad por la geología de los Andes colombianos.

Aprendí de los pioneros estudios de Darío BARRERO el reconocimiento de las rocas oceánicas en la cordillera Occidental y su acreción en el Cretácico Tardío; de Alberto FORERO SUÁREZ, las afinidades norteamericanas del basamento de la cordillera Oriental y la influencia lauréntica de las cuencas paleozoicas asociadas; de Hermann DUQUE CARO, en largas conversaciones en un simposio en Medellín, la colisión del terreno de Chocó y sus edades a través de sus precisos análisis micropaleontológicos; de Jorge RESTREPO y Jean-François TOUSSAINT, la compleja historia de acreción de Colombia a través de los simposios de *Magmatic Evolution of the Andes* (IGCP–Unesco), y de Joaquín RUIZ, en una visita a Arizona, las conexiones isotópicas e interacciones entre Colombia y los diferentes bloques del sur de México.

Estos encuentros iniciales me mostraron la compleja geología colombiana y los numerosos problemas pendientes que al ser contrastados con los resultados de *The Geology of Colombia* nos dejan con una fuerte admiración por el salto conceptual en el nivel de conocimiento puesto en esta obra.

En ella numerosas novedades son presentadas como revisiones o trabajos originales a través de los diferentes capítulos. Por ejemplo, las precisas determinaciones geocronológicas del Orógeno Putumayo, que han cambiado nuestra visión de esa antigua Orogenia Orinoquensis al mostrar diferentes edades y cinturones orogénicos en el margen occidental del Escudo de Guayana. Otro ejemplo corresponde a las nuevas edades del basamento proterozoico de los Andes, que sugieren una compleja historia paleogeográfica.

El análisis de los terrenos paleozoicos y su distribución paleogeográfica reafirma las pioneras identificaciones de los límites de estos bloques alóctonos. Sin embargo, los nuevos datos geocronológicos permiten revalorizar la tectogénesis famatiniana. Sucesivos capítulos muestran la dinámica de la acreción eopaleozoica de Chibcha en el Ordovícico Tardío y su control en la distribución de las faunas devónicas y neopaleozoicas posteriores de netas afinidades laurénticas.

Una mención destacada merece la identificación de un arco magmático de edad pérmica que, obliterado por deformaciones y metamorfismos sobrepuestos, va incrementando su representación en la cordillera Central. Los relictos de este arco impiden aún una valoración de la vergencia de la deformación o metamorfismo para asociarlos a la Orogenia de los Alleghánides.

Los procesos anatéticos posteriores que culminaron con la extensión triásica están ampliamente distribuidos a lo largo del antiguo margen continental paleozoico con fuertes evidencias en la cordillera Central.

La evolución jurásica muestra una compleja paleogeografía dada por la interacción entre diferentes placas de las regiones caribeña y pacífica. La combinación de datos paleomagnéticos, estudios de procedencia a través de circones detríticos, análisis de las estructuras y la evolución de los arcos magmáticos del Jurásico y Cretácico Temprano permitieron reconocer diferentes episodios controlados por la cinemática de la subducción a lo largo del margen pacífico.

Una mención especial merecen los análisis presentados de la transición de un régimen de subducción extensional del Mesozoico temprano a un régimen compresivo. Por primera vez se asocia este importante cambio a la dinámica del margen continental. Los estudios de procedencia en las cuencas desarrolladas, las características de sus arcos magmáticos y la deformación asociada permiten explicar la distribución de sus depósitos.

La acreción de los terrenos oceánicos sobre el margen pacífico y la caracterización petrológica y geoquímica de estas rocas, junto a nuevas dataciones, ponen en valor los procesos que llevaron a la construcción del nuevo margen. La caracterización de las distintas zonas con importante metamorfismo de alta presión arroja luz en sus características comunes y diferencias.

Los estudios sobre la fuente y procedencia de los depósitos sinorogénicos en la cordillera Oriental y la interpretación de su historia de levantamiento mediante análisis de trazas de fisión permiten en diferentes capítulos reconstruir la evolución tectónica de los Andes a estas latitudes.

El análisis de las cuencas del margen pacífico y de los cinturones cenozoicos del margen caribeño muestra la mecánica de interacción de las placas de Farallón y de Nazca en los prismas de acreción, así como la deformación asociada al pasaje de la placa caribeña por el norte de Suramérica. Una atención especial merece la interacción del Istmo de Panamá con el continente sudamericano porque muestra conexiones previas a la colisión del Bloque Chocó y al gran intercambio faunístico.

Los estudios sedimentológicos y la evaluación del potencial oleogénico de las secuencias sedimentarias brindan información esencial para la puesta en valor de los hidrocarburos en las cuencas analizadas.

El análisis del arco volcánico cenozoico y la presentación de los centros volcánicos activos ubicados tanto en la cordillera Occidental como en la cordillera Central muestran la evolución del conocimiento obtenido en estos últimos años y la influencia del Caldas Tear en su desarrollo. Los estudios geofísicos y geotérmicos realizados en el sector norte de la cordillera Oriental iluminan los procesos hidrotermales asociados al volcanismo ácido remanente del arco cenozoico tardío migrado al antepaís.

El análisis de la sedimentación cuaternaria, las estructuras neotectónicas y la evolución del bioma tropical son presentados en forma interrelacionada, lo que permite vincularlos con los acontecimientos globales que afectan a todo el continente.

Una lectura detallada de esta obra demuestra el rápido avance del conocimiento geológico en los últimos años, la dinámica evolución de los conceptos ante la aplicación de nuevas tecnologías y el grado de especialización obtenido en las diferentes disciplinas. Las distintas presentaciones a través de sucesivos capítulos nos muestran que se han solucionado viejos problemas e interrogantes, a la vez que la información brindada ilumina nuevas incógnitas y abre nuevos desafíos para el conocimiento.

Solo queda felicitar una vez más a los editores y grupo editorial y a los numerosos autores por el esfuerzo desarrollado, que sin lugar a dudas será un hito difícil de superar en el avance del conocimiento de la geología colombiana.

Víctor A. RAMOS
Buenos Aires, 3 de noviembre de 2020

