



Hermann Karsten, 1886
**Geología de la antigua
Colombia bolivariana
Venezuela, Nueva
Granada y Ecuador**



HERMANN KARSTEN, 1886

**GEOLOGÍA DE LA ANTIGUA
COLOMBIA BOLIVARIANA**

**VENEZUELA, NUEVA
GRANADA Y ECUADOR**

Traducción, introducción y notas
de Armando Espinosa Baquero

Servicio Geológico Colombiano

Julio Fierro Morales
Director General

ISBN impreso:
ISBN digital: 978-958-53993-9-6
DOI: [//doi.org/10.32685/9789585399396](https://doi.org/10.32685/9789585399396)

Esta obra está bajo licencia internacional Creative Commons
Reconocimiento 4.0



Traductor
Armando Espinosa Baquero

Comité Editorial

Presidenta
Teresa Duque

Integrantes
José Gilberto Bermúdez (e)
John Makario Londoño
Marco Antonio Rincón (e)
Hernán Olaya Dávila
Humberto Andrés Fuenzalida
Hernando Camargo
Victoria Díaz Acosta
Virgilio Amaris Ibáñez
Viviana Dionicio
Julían Escallón
Armando Espinosa
Constanza Martínez
Juan Guillermo Ramírez

Comité Editorial SGC
Diagonal 53 n.º 34-53
Bogotá D. C., Colombia
Teléfono: (601)2200200, ext.: 3048
ceditorial@sgc.gov.co

Diana Paola Abadía Z.
Diseño y diagramación

Carolina Hernández O.
Editora general

Impresión
Imprenta Nacional de Colombia
Carrera 66 n.º 24-09
PBX: 457 8000
www.imprenta.gov.co

Colección Centenario del Servicio Geológico Colombiano

Bogotá, D. C., Colombia
Diciembre 2022

Citación: Karsten, H. (2022). *Geología de la antigua Colombia bolivariana Venezuela, Nueva Granada y Ecuador*. (Traducción, introducción y notas de Armando Espinosa Baquero). Servicio Geológico Colombiano. (Libro original publicado en 1886).
<https://doi.org/10.32685/9789585399396>

HERMANN KARSTEN, 1886

**GEOLOGÍA DE LA ANTIGUA
COLOMBIA BOLIVARIANA**

**VENEZUELA, NUEVA
GRANADA Y ECUADOR**

Traducción, introducción y notas
de Armando Espinosa Baquero





LA GEOLOGÍA DE LA ANTIGUA COLOMBIA BOLIVARIANA (HERMANN KARSTEN, 1886), EL INICIO DE LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE COLOMBIA

● Armando Espinosa Baquero* ●

El naturalista alemán Hermann Karsten exploró el territorio de las actuales repúblicas de Venezuela, Colombia y Ecuador entre 1844 y 1856 y dejó una obra geológica que representa un paso importante en la evolución del conocimiento del subsuelo de esos inmensos territorios. Por un lado Karsten dejó una primera descripción sistemática, aunque con zonas no estudiadas; por otro lado dio inicio a la cartografía geológica de ese territorio, obra de tal magnitud que, en Colombia, más de ciento cincuenta años después de sus exploraciones y de cien años de trabajos del Servicio Geológico Colombiano, aún no está totalmente terminada a escala regional (1:100 000).



Fotografía de Hermann Karsten.
Documento de la Sociedad de
Geografía de París que reposa
en la Biblioteca Nacional de Francia
(gallica.bnf.fr).

Hermann Karsten, cuyo nombre completo fue Hermann Gustav Wilhelm Karl Karsten, nació en Stralsund (Pomerania, Prusia) el 6 de noviembre de 1817. Su vida y su obra son relativamente bien conocidas pues fue un naturalista reconocido en Europa y en América, miembro de academias y de sociedades científicas. Entre las publicaciones sobre Karsten está una breve biografía escrita por Eduardo Rohl (1944), de la cual tomamos lo esencial de los datos sobre la vida del personaje, y los análisis de su obra geológica de autoría de Hedberg (1974) y de Aalto (2015). Una traducción de la parte venezolana de la *Geología de la Antigua Colombia Bolivariana* la debemos a Adolfo Ernst (1988).

Huérfano de madre a los siete años, Hermann Karsten crece en el campo a cargo de un pariente; regresa a la ciudad para iniciar sus estudios, en los cuales se distingue por su afición a las ciencias naturales. Es aprendiz de farmacia e inicia luego estudios de medicina y ciencias naturales en Berlín. Además de la botánica y la zoología, estudia la geología, la paleontología y la mineralogía. Hacia el final de sus estudios, en 1843, hace sus primeras publicaciones sobre botánica. Ese mismo año, invitado por un primo establecido en Venezuela, viaja hacia ese país.

Desembarca en Puerto Cabello en febrero de 1844. Tras dedicarse a exploraciones botánicas y geológicas en varias regiones de Venezuela, regresa a Alemania en 1847; en 1848 está de nuevo en Venezuela. Estudia la región occidental, y en 1850 el

*Doctor en Geología de la Universidad de Ginebra, Suiza, profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Quindío y asesor del Servicio Geológico Colombiano, aespinosa@sgc.gov.co

oriente y luego el norte de ese país. En 1852 se dirige hacia Maracaibo y luego hacia la Sierra de Perijá. Se embarca hacia Santa Marta, sigue a Barranquilla y Cartagena, aún en 1852, y luego hacia Bogotá. Por las montañas del Quindío llega al valle del Cauca, visita Popayán, continúa hacia el Patía y llega a Pasto. Recorre la zona volcánica de la región de Túquerres durante 1854, sigue hacia Quito, Ambato y Riobamba. De regreso a Bogotá, explora con el famoso botánico José Jerónimo Triana los Llanos del Meta, volviendo al valle del Magdalena. Visita Mariquita, las minas de Santa Ana. Se embarca luego hacia Alemania, en Sabanilla.

Desde 1856, cuando llega a Alemania, es profesor de botánica en Berlín. Pasa a Viena donde es también profesor de botánica. Muere en Berlín el 10 de julio de 1908.

PUBLICACIONES DE KARSTEN SOBRE LA GEOLOGÍA DE LA GRAN COLOMBIA

La *Geología de la Antigua Colombia Bolivariana* no es la única publicación de Karsten sobre el norte de Suramérica. Sobre otras publicaciones disponemos de dos fuentes de información: las indicaciones que da Karsten en las primeras páginas de la obra que nos ocupa y el catálogo analítico levantado por Hedberg (1974).

Karsten relaciona y comenta sus publicaciones sobre los resultados de sus viajes en la entonces Gran Colombia. Dice haber publicado sus resultados parcialmente entre 1849 y 1850 en la revista *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft* con un mapa de Venezuela y en *Karsten's Archiv für Mineralogie*, en 1851 y 1853. Menciona una descripción de la desaparición del volcán de lodo de Galerazamba y anota que, apenas de regreso de su viaje en 1856, comunicó sus resultados sobre la geognosia de Nueva Granada y Ecuador a la reunión de los Naturalistas Alemanes de Viena (*Amtlicher Bericht der Naturforscher-Versammlung in Wien 1858*). Dice haber publicado luego varios artículos: *Die Vulkane der Anden* (*Ein Vortrag. Berlin 1856*), *Das Gold Neu Granada's, Reisenotizen über die Provinz Cumana in Venezuela, Reisebilder in Columbien* (*en Westermann's Monatshefte, 1858, 1859 y 1862*) y *Über das geologische Alter der Cordilleren* (*Zeitschrift der deutschen geol. Gessellschaft, Berlin 1861*);

en 1862, dos perfiles de los Llanos de Caracas (*Zeitschrift der geologischen Gesellschaft*), y años más tarde, en 1877, *Erinnerung aus den Cordilleren, über Vulkane und Erdbeben* (*Die Natur, Halle 1877*).

El texto de la mencionada presentación de 1856 en Viena fue traducido y publicado en la *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* (1947) con el título *La situación geognóstica de la Nueva Granada*. Un estudio geológico específico sobre la Nueva Granada fue escrito por Karsten antes de la *Geología de la Antigua Colombia Bolivariana* pero sufrió peripecias, descritas por su autor en esta última obra en nota de pie de página, y lamentablemente se perdió.

.... al comienzo de mi viaje de 12 años en Colombia, yo no había adquirido ningún compromiso, pero después de haber terminado mis investigaciones, poco antes de mi partida hacia Europa, fui encargado por el gobierno de Bogotá, es decir por el Ministro Pastor Ospina, de la honorable misión de redactar una descripción geognóstica de la Nueva Granada, en forma de un Manual de Geognosia. Desde Berlín envié ese trabajo a Londres al encargado de asuntos Tomás Cipriano de Mosquera, en 1861, en el momento en que este último acababa de ser elegido Presidente de la República y se disponía a regresar a su país; le pedí además entregar ese trabajo a su gobierno. Pero el Sr. Mosquera no me ofreció ni redactar mi manuscrito en español – del cual considero, es verdad, que necesitaba ser revisado desde el punto de vista de la lengua – ni de traducir (según el Sr. Marcou) mi texto alemán, que yo había enviado con antelación (1858) al embajador Juan de Francisco Martín a París; no solamente eso, sino que no presentó esa obra al gobierno de la Nueva Granada, para quien estaba escrito y tal como habría sido su deber, y tampoco lo puso a mi disposición. Nunca volví a ver ese manuscrito. Por esos motivos mi trabajo no fue publicado, y nunca recibí del gobierno los honorarios de \$ 1000 que me había propuesto para ello.

En cuanto a los datos aportados por Hedberg (1974), este autor hace una valiosa contribución al estudio de la

obra de Karsten, al levantar un inventario de sus escritos sobre la geología de la entonces Gran Colombia, añadiendo un análisis de cada uno de ellos. Hedberg incluye algunos trabajos que el mismo Karsten no menciona entre sus estudios previos (cartas a Herr Weiss, Puerto Cabello, y a Herrn Beyrich, Cumaná, 1849; *Über einige Versteinerungen der Kreideformation aus Neu-Granada*, 1859, *Reiseskizzen aus Neu-Granada* y *Über geologische Orgeln Neu Granada's*, 1862), y dos posteriores a la *Geología de la Antigua Colombia Bolivariana* (*Die Juraformation in Südamerika* y *The Geological Age of the Mountains of Santa Marta*, 1890). En la parte final de la bibliografía de este estudio incluimos la bibliografía de Karsten sobre la geología de Suramérica, tomada y traducida de Hedberg (1974).

Sin duda, las dos más importantes obras geológicas de síntesis de Karsten sobre el norte de Suramérica son las de 1858, texto de su presentación en Viena en 1856, que lleva por título *Über die Geognostischen Verhältnisse des westlichen Columbien, der heutigen Republiken Neu-Granada und Ecuador*, y la que nos ocupa, *Geología de la Antigua Colombia Bolivariana* (1886). Esta última es, se podría decir, la ampliación y el complemento de la primera.

EL SIGNIFICADO Y EL VALOR DE LA GEOLOGÍA DE LA ANTIGUA COLOMBIA BOLIVARIANA

Hasta ahora la mejor evaluación de la obra que nos ocupa es la que debemos a Aalto (2015). Este autor analiza la contribución de los antecesores de Karsten al estudio de la geología de la Gran Colombia, luego resalta y analiza los principales temas en los cuales Karsten se mostró innovador. Entre ellos incluye el trabajo cartográfico sistemático, calificando a Karsten como el pionero de la cartografía geológica en el noroeste de Suramérica, sus contribuciones paleontológicas y la definición de las grandes unidades estratigráficas de la región que estudió.

Para comprender la *Geología de la Antigua Colombia Bolivariana*, conviene situarla en el contexto científico de la época en que se hicieron las observaciones y de aquella en que fue publicada.

Karsten llega al norte de Suramérica en 1844, un momento en el que hay aún un casi total desconocimiento de los rasgos geológicos básicos de ese territorio. Durante la Colonia, el único interés de la administración española había sido la minería y las exploraciones habían sido puntuales y específicas para la búsqueda de recursos minerales; además, la geología no existía como disciplina científica establecida. En las primeras décadas de la Colombia independiente la ciencia nacional, que había perdido a sus mejores exponentes durante la guerra de Independencia (Caldas, Cabal, Lozano y otros), estaba reiniciando y los primeros estudios fueron obra de científicos extranjeros. A Karsten antecedieron el alemán Humboldt y el francés Boussingault quienes hicieron recorridos de grandes regiones. Por otra parte, algunos importantes estudios paleontológicos sobre muestras colombianas habían sido publicados por Von Buch (1839), Lea (1840), d'Orbigny (1842) y luego por Forbes (1845).

Alejandro de Humboldt, quien recorrió largos tramos en Venezuela, Colombia y Ecuador entre 1799 y 1801, hizo numerosas observaciones sobre la geología pero en su obra no hay ningún intento de describir sistemáticamente la constitución geológica de esas regiones. Sus trabajos, aunque muy detallados fueron esencialmente de carácter metodológico: trataron de comprobar, con base en levantamientos estratigráficos, el modelo neptunista en América, del cual se hablará más adelante (Espinosa, 2000, en preparación). En cuanto a Boussingault, su formación (la ingeniería de minas y la química) y las misiones que el gobierno de Colombia le encomendó le llevaron a hacer descripciones locales, además de análisis mineralógicos y químicos, de tal suerte que no se puede hablar de una contribución suya al conocimiento geológico básico de nuestro territorio. El gran mérito de Karsten es haber intentado una primera visión de conjunto del enorme territorio de la entonces Gran Colombia con base en un trabajo sistemático de doce años recorriendo inmensas regiones. Los intentos de cartografiar regiones relativamente amplias se habían hecho en Europa, en varias provincias de Francia y en Inglaterra por ejemplo (Ellenberger, 1983), pero nunca se habían hecho en la antigua América española, al menos en la entonces Gran Colombia.

Aunque Karsten no lo dice explícitamente, la *Geología de la Antigua Colombia Bolivariana* es la síntesis de sus estudios sobre toda la región noroccidental de Suramérica. Sin duda él quiso plasmar en un solo documento la suma de sus observaciones y sus conclusiones; entre el final del viaje y la publicación del libro transcurrieron treinta años durante los cuales analizó sus datos y pudo sintetizar sus resultados en un modelo articulado y coherente.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Una primera gran contribución metodológica de Karsten está en que sus descripciones son las primeras de carácter plutonista escritas en el norte de Suramérica, o al menos en el territorio de la actual Colombia. Vale decir que es la primera obra geológica, en el sentido actual del término, sobre nuestro territorio. El plutonismo nació a finales del siglo XVIII en la obra del escocés James Hutton y fue fuertemente desarrollado y difundido por el inglés Charles Lyell en las primeras décadas del siglo siguiente. La teoría predominante anteriormente era el neptunismo, del prusiano Abraham Werner y su escuela de Freiberg, uno de cuyos exponentes más notables fue precisamente Alejandro de Humboldt. Ya hacia la mitad del siglo XIX las ideas del plutonismo se imponen y la historia de la ciencia considera que con ellas nace la geología (el neptunismo utilizaba el término geognosia). Aunque Karsten utiliza aún algunos términos neptunistas, como lo hacían aún muchos geólogos en aquella época, su enfoque es básicamente plutonista; se podría decir, en otras palabras, que Karsten introduce en Colombia esa nueva disciplina de la ciencia, la geología. En realidad, fue don Joaquín Acosta, el primer geólogo colombiano, quien trajo a Colombia los conceptos plutonistas básicos, pero quien los aplicó fue Hermann Karsten.

Acosta publica sus ideas en 1849, en un importante documento que constituye uno de los primeros tratados de geología difundidos en nuestro país. Entre 1823 y 1831 había trabajado en Colombia la llamada Misión Boussingault, cuyos objetivos fueron la creación de una escuela de minas y un museo en Bogotá (Espinosa, 1991). Los miembros de la expedición publicaron gran cantidad de trabajos científicos, la gran mayoría de ellos en Fran-

cia. Joaquín Acosta por su parte, habiendo conocido la ciencia a través de Boussingault y sus compañeros, decide ir a Francia a estudiar la geología, proyecto que logra concretizar en dos estancias en París, entre 1826 y 1830 y entre 1845 y 1849. Entre las obras que publicó está una traducción de los estudios de la Misión Boussingault, en un volumen dado a la luz en París (Boussingault y Roulin, 1849); en él, a manera de introducción, incluye unas *Lecciones de Geología* de su autoría. Es precisamente esa obra la que formula por primera vez en Colombia los conceptos básicos del plutonismo; en particular, la tabla del tiempo geológico, con la cual introduce en Colombia la terminología cronológica de esa escuela, aplicada luego por Karsten y aún en uso actualmente.

Otra notable contribución de Karsten está en el gran rigor científico de su obra. Muy meticulosamente, relaciona y analiza al inicio del estudio que nos ocupa los trabajos de sus antecesores en el entonces territorio de la Gran Colombia, entre los cuales incluye a los viajeros: Humboldt, Degenhardt y Acosta, y aquellos que estudiaron colecciones llevadas a Europa por algunos de los viajeros: Von Buch, d'Orbigny, Lea, Forbes y los hermanos Schomburgk. Con todo el rigor Karsten cita las publicaciones de Boussingault, Acosta y otros que le precedieron. En cuanto a sus propias publicaciones, estas son tema de una relación, con comentarios detallados; también las publicaciones que se refieren a ellas son analizadas, en particular las de Marcou, con quien parece haber tenido diferencias notables, no solo científicas sino también personales (se trata sin duda del conocido geólogo francés Jules Marcou). Los trabajos de investigadores posteriores a su viaje son tema de comentarios y análisis; son los de los exploradores Reiss y Stübel, Felipe Pérez, Codazzi y Wolf y los de otros científicos que estudiaron colecciones de los actuales territorios de Venezuela, Ecuador y Aruba: De Lorient, Dressel, Stelzner, Branco y Siemiradzki. También cita a quienes escribieron artículos sobre las mismas regiones: Alwood, Whympere y Steinmann, Villavicencio, Wall, Wagner y Schmarda (sobre este último anota que recorrió el Ecuador y la Nueva Granada). Karsten lleva su rigor hasta tener en cuenta un artículo de Sáenz publicado en 1878 en Bogotá (*Contribuciones al estudio jeognóstico de una sección de la Cordillera Oriental*) en lo que “pa-

rece ser una hoja de un diario político”. A propósito de este desconocido personaje, se trata sin duda de Nicolás Sáenz, quien aparece como miembro de la Sociedad de Geografía de París (*Bulletin de la Société de Géographie*, París, 1900, 2ème semestre, p. 598); figura en la lista de miembros como profesor de ciencias naturales y director de los Naturalistas Colombianos en Bogotá.

En su texto, Karsten muestra también un agudo sentido crítico: a la vez que da crédito a los trabajos de muchos de sus antecesores, no vacila en cuestionar los datos que no coinciden con las observaciones que él hace; los del geólogo alemán Teodoro Wolf sobre las erupciones de los volcanes ecuatorianos en años anteriores a la visita de Karsten están entre ellos.

Como se dijo, Hermann Karsten llega a Venezuela en 1844 y tras recorrer diversas regiones de ese país, de la Nueva Granada y del Ecuador, regresa temporalmente a Europa en 1847-1848, y definitivamente en 1856. Con gran rigor científico, y también con buena dosis de honestidad personal, Karsten relaciona en las dos primeras páginas de su libro las regiones que recorrió, y con frecuencia en el texto menciona las que no pudo visitar. Precisa que de ese inmenso territorio solo pudo recorrer la mitad, que en algunas zonas solo pudo estudiar puntos aislados y que le faltó recorrer la Guayana, la costa Pacífica y las zonas próximas de Antioquia y el Darién; también algunas regiones del Ecuador: al sur de Riobamba y las depresiones al Este y al Oeste de la cadena andina. Da detalles sobre sus recorridos en Venezuela y de la Nueva Granada dice haber explorado desde Riohacha hasta Cartagena, la Sierra Nevada de Santa Marta, la Sierra de Perijá, Ocaña y el camino hacia Bogotá desde donde recorrió varias veces la Cordillera Oriental hasta los Llanos. Hacia el Occidente, visitó las minas de plata de Santa Ana, cerca de Mariquita, y pasando el camino del Quindío llegó a Cartago y recorrió el valle del Cauca hasta Popayán; de allí visitó las montañas de Buenaventura, el volcán Puracé y por el valle del Patía llegó a Pasto. Desde Túquerres recorrió los volcanes Azufral y Chiles y alcanzó las llanuras del Pacífico. Se dirigió al Ecuador, donde llegó hasta Riobamba y regresó hacia Popayán, cruzó el paso de Guanacas y bajó el Magdalena, regresando a Bogotá por Tocaima. Finalizó su viaje bajando el Magdalena desde Honda.

En su obra Karsten sigue al inicio el orden de sus viajes: Venezuela, la Nueva Granada y Ecuador. En este último país se concentra luego esencialmente en el volcanismo reciente y actual, y finaliza su obra con observaciones sobre la geología de la actual Colombia.

Las relaciones que Karsten tuvo con instituciones nacionales son también precisadas en las primeras páginas. El autor sostiene enfáticamente que no recibió ningún subsidio y que financió sus viajes y sus trabajos con sus propios recursos. Menciona algún intercambio de datos con Agustín Codazzi, pero no una colaboración científica formal. Después de su regreso a Europa, Karsten mantuvo estrechas relaciones con la ciencia colombiana. Perteneció a la Sociedad de Naturalistas Negrinadinos, fundada por Ezequiel Uricoechea en 1859. El estudio de Schütz (1998) trae interesantes datos sobre el tema. La Sociedad contaba con miembros Honorarios, de Número y Correspondientes (tenía en realidad la estructura y las características de una academia). Karsten figura en la lista de los miembros Honorarios y de Número, al lado de figuras europeas como Juan Bautista Boussingault y Alcides d'Orbigny, y colombianas como Liborio Zerda.

LA CARTOGRAFÍA

El inicio de la cartografía geológica sistemática del territorio de la actual Colombia es obra de la Comisión Científica Nacional, institución creada en 1916 por el gobierno colombiano, transformada luego en el Servicio Geológico Nacional en 1938, en Ingeominas en 1968 y en el actual Servicio Geológico Colombiano en 2011 (Espinosa, 2016). En las primeras décadas del siglo XX, y particularmente durante la Primera Guerra Mundial, la necesidad de mapas geológicos como herramienta básica para la exploración de recursos mineros se planteó de manera crítica, a tal punto que el gobierno nacional asignó como primera función a la Comisión Científica Nacional el levantamiento del mapa geológico del territorio. En el cumplimiento de esa misión, la institución y sus sucesoras han trabajado durante cien años. La cartografía a escala 1:100.000 de la zona andina y de las zonas cartografiables a esa escala o a escalas más pequeñas está en su fase terminal.

Ya en la época en que fue publicada la obra de Karsten otros países de Latinoamérica habían dado los pri-

meros pasos hacia la cartografía geológica sistemática del territorio. Uno de ellos fue México, cuya tradicional industria minera requería una cartografía geológica básica. En 1888 fue creada la Comisión Geológica, en 1891 el Instituto de Geología de México y ya en 1889 estaban elaborados un mapa geológico y un mapa minero del país, que fueron presentados ese año en la Exposición Universal, en París (Morelos Rodríguez y Moncada Maya, 2014).

El mapa que acompaña la obra de Karsten es el primer mapa geológico del conjunto del territorio colombiano. Una primera versión, gráficamente más elaborada, había sido incluida en la publicación de síntesis de 1858. Sin duda, se trató de una cuestión de costos ya que, muy posiblemente, los de la edición de 1886 fueron asumidos por el propio Karsten. Su contenido es, esencialmente, el mismo y en él Karsten plasmó las grandes unidades estratigráficas que definió con base en sus observaciones de doce años en el terreno y de muchos años más en el laboratorio, dedicado principalmente a estudios paleontológicos. Se puede decir que la *Geología de la Antigua Colombia Bolivariana* constituye la memoria del mapa, y Karsten utiliza el término al final de la obra. En esa línea de ideas, el texto que hoy traducimos y publicamos adquiere una importancia aún mayor: no es un simple tratado de geología del norte de Suramérica, es la memoria del primer mapa geológico de un gran pedazo de continente. Con toda razón, los estudios anteriores han visto a Karsten como el precursor de la cartografía geológica del norte de Suramérica (Aalto, 2015, Hedberg, 1974).

LA ESTRATIGRAFÍA

En la definición de las grandes unidades cronoestratigráficas del territorio colombiano hay que ver una de las grandes contribuciones, quizás la mayor, de la obra de Karsten. Este investigador es el primero que determina las grandes unidades estratigráficas a escala del país entero. Sin duda, sobre esa base fundamental se pudo empezar a construir más tarde, por Hettner y los autores que le sucedieron, todo el edificio de las unidades estratigráficas de Colombia.

Karsten rectifica la estratigrafía de Humboldt; esta última, por fortuna, no tuvo tiempo de ser difundida y admitida en Colombia. Habría introducido confusiones

pues estaba basada en el modelo neptunista que ya entonces, como se dijo, se hacía insostenible (Espinosa, en preparación). Las grandes unidades estratigráficas que los neptunistas habían definido incluían, en orden cronológico, terrenos primitivos, de transición, secundarios y terciarios. Ellos corresponden, en términos muy generales, a los de las eras precámbrica, paleozoica, mesozoica y cenozoica, definidas por los plutonistas y utilizadas por la geología moderna. En la definición de las grandes unidades cronoestratigráficas del territorio que estudió, Karsten va más adelante: define los terrenos de los grandes períodos del Mesozoico y del Cenozoico (Trias, Jurásico, Cretáceo, Terciario, Cuaternario) y lo hace apoyándose en la paleontología. Esa rama de la geología era entonces bastante reciente; se puede decir que su gran desarrollo ocurrió durante la primera mitad del siglo XIX. La paleontología francesa, con figuras como Alcides d'Orbigny y Alexandre Brogniart, había sido uno de los pilares de la geología y, precisamente, varios estudios habían sido hechos por esa escuela sobre muestras colombianas. El trabajo de Karsten tiene dos componentes: por un lado utiliza los resultados de los estudios franceses, especialmente el de d'Orbigny, por otro lado recoge y define un cierto número de fósiles nuevos que vienen a complementar notablemente la información paleontológica disponible entonces sobre el territorio que estudió.

Gracias a la obra de Karsten, ya los investigadores de las primeras décadas del siglo XX disponen de una nomenclatura cronoestratigráfica básica, prácticamente no modificada hasta el día de hoy.

LA TECTÓNICA

Las observaciones y las interpretaciones sobre la tectónica de los Andes noroccidentales, y específicamente sobre el levantamiento de esa cordillera, que Karsten plasma en su *Geología de la Antigua Colombia Bolivariana*, constituyen otra gran contribución al conocimiento geológico básico de esa cadena. En este punto Karsten se muestra notablemente adelantado para su época; es el primero en ocuparse de él y este solo será retomado por los investigadores unos cincuenta años después.

Karsten define pocas estructuras: algunos basculamientos, pocos pliegues y prácticamente ninguna falla.

El estudio de los rasgos de la geología estructural estaba entonces poco desarrollado aún; la ciencia geológica ponía el énfasis en la definición y la descripción de las unidades geológicas, la estratigrafía.

Las primeras ideas sobre el levantamiento de nuestras cordilleras las expone Karsten a propósito de la Cordillera Oriental, situando el de esa cordillera en el post-mioceno (página 29).

En esas regiones superiores de la vertiente oriental de esta parte de las cordilleras capas terciarias parecen faltar, pero se les encuentra más abajo en su pie oriental, en el límite superior de los llanos del Orinoco, al igual que sobre todas las terrazas de la vertiente occidental hasta el Magdalena. Esta circunstancia parece demostrar que el levantamiento de esta cordillera se hizo principalmente sobre la vertiente occidental y tuvo lugar después del período mioceno, en la época de la erupción de las traquitas de las Cordilleras Centrales, que llevaron esas cadenas a su altura actual. Las capas que constituyen la superficie de esas terrazas están formadas por depósitos diluvianos (en parte aluviales) en los cuales, sobre todo en muchas localidades, sobre la terraza superior, por ejemplo en Canoas cerca de Soacha, Balsillas, Chiquinquirá, se encontraron restos de *Mastodon angustidens* y otros mamíferos antediluvianos.

Más adelante (página 50), Karsten va más allá y propone dos fases bien distintas de levantamiento, una cretácea y la otra terciaria, con base en dos discordancias:

El Cretáceo superior propiamente dicho, la creta blanca de Meudon, no ha sido observado en Colombia; quizás esté representado, junto con el Quader superior, por los esquistos silíceos y calcáreos a menudo ricos en politalamías; pero, como ya lo he hecho notar, los fósiles descubiertos hasta ahora no bastan para demostrarlo, pues las politalamías pueden pertenecer tanto al Gault como al Turoniano o al Senoniano. En Vélez (5° 54' de latitud norte, 74° 25' de longitud occidental) observé una superposición discordante de

esos esquistos con politalamías sobre las capas con cefalópodos del Cretáceo inferior.

El rumbo del complejo terciario sin fósiles, en niveles delgados, poco consistente y caracterizado por las arenas verdes y los conglomerados, el cual adquiere en los valles del Patía y del Magdalena un desarrollo bien particular, ese rumbo es en promedio NS; el del Cretáceo en general del WSW al ENE. Esa discordancia de estratificación así como el hecho que el terciario solo se adosa al Cretáceo, demuestran suficientemente que hay dos épocas de levantamiento diferentes.

Karsten termina su obra (páginas 51 y siguientes) con un análisis tectónico de la región de estudio. También (página 56) da los rasgos de levantamiento y erosión de las cordilleras en el valle del Patía.

A PROPÓSITO DE LA TRADUCCIÓN

Traducir al castellano una obra en francés del siglo XIX es un trabajo especializado y complejo que requiere un conocimiento del tema (la geología de los actuales países Colombia, Venezuela y Ecuador), el manejo de la terminología geológica francesa y el estilo del francés de esa época. El problema se complica además cuando, como en el caso que nos ocupa, el francés no era la lengua materna del autor. Como sucede hoy con el inglés, hasta el siglo XIX el francés fue el lenguaje universal y muchos autores alemanes (Alejandro de Humboldt entre ellos), rusos y de otras nacionalidades, escribieron sus obras en ese idioma. El naturalista alemán Hermann Karsten escribió casi todas sus obras en su lengua materna pero en cuanto a la *Geología de la antigua Colombia Bolivariana*, decidió escribirla en francés, sin duda con el objetivo de darle una mayor difusión, y en particular en los países que eran tema del estudio. Su texto adolece de ciertos errores, pero no corresponde al traductor corregirlos.

El autor de esta traducción de Karsten se guió por algunos fundamentos metodológicos:

- Una traducción debe buscar la fidelidad en cada palabra y en cada expresión, no una simple aproximación.

- Conviene respetar el estilo de la época y el espíritu del texto.
- No corresponde al traductor corregir “errores” del texto original. Si, por ejemplo, los términos Cretáceo, Terciario, Cuaternario están escritos con minúscula inicial, se debe respetar ese uso: puede corresponder a la costumbre de la época o puede ser un error del autor (en ambos casos es importante dejarlos tal como el autor los escribe). La puntuación también se mantiene por las mismas razones metodológicas. Si el texto hace citaciones de otros estudios usando convenciones u ortografía diferentes de lo usado actualmente, se deben mantener, señalando que se copia textualmente el original.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer al Profesor Franco Urbani, de la Universidad Central de Venezuela, Caracas, por su ayuda en la búsqueda de publicaciones venezolanas sobre Hermann Karsten, y al geólogo Roberto Terraza, del Servicio Geológico Colombiano en Bogotá, por la revisión de la terminología paleontológica de la traducción y por la revisión del capítulo de introducción.

BIBLIOGRAFÍA

Aalto, K. R. (2015). Hermann Karsten, pioneer of geologic mapping in northwestern South America. *History of Geo- and Space Sciences*, 6, 57-63.

Boussingault, J. B. y Roulin, D. (1849). *Viajes científicos a los Andes Ecuatoriales o Colección de memorias sobre física, química e historia natural de la Nueva Granada, Ecuador y Venezuela*, por M. Boussingault y por el Sr. Dr. Roulin: traducido con anuencia de los autores por J. Acosta y precedidas de algunas nociones de Geología por el mismo. Lasserre, editor, París, Librería Castellana, pp. 322. Ed. Facs. Inst. Col. Cult. Hisp., Bogotá, 1991.

D'Orbigny, A. (1842). *Coquilles et échinodermes fossiles de Colombie (Nouvelle Grenade)*. Paris.

Ellenberger, F. (1983). Recherches et réflexions sur la naissance de la cartographie géologique en Europe et plus particulièrement en France. *Histoire et Nature*, 22-23.

Ernst, A. (1988). Obras completas. Compilación por Blas Bruni Celli, Tomo VII, Ciencias de la Tierra. Colección Biblioteca Presidencial, Ediciones de la Presidencia de la República, Caracas.

Espinosa, A. (1991). La Expedición Boussingault (1823-1831), sus resultados y su influencia en la ciencia colombiana. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, XVIII(68), 15-22.

Espinosa, A. (1994). Un naturalista desconocido, el General Joaquín Acosta (1800-1852). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, XIX(73), 287-291.

Espinosa, A. (2000). Humboldt y las Ciencias de la Tierra. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia*, 44(130), 80-86.

Espinosa, A. (2016). *El Servicio Geológico Colombiano, 1916-2016, cien años al servicio de Colombia*. Servicio Geológico Colombiano, Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

Espinosa, A. (En preparación). *El Ensayo geognóstico sobre el yacimiento de las rocas en los dos hemisferios, de Alejandro de Humboldt (1823)*. Traducción, introducción y notas de Armando Espinosa B.

Forbes, E. (1845). Report on the fossils from Santa Fe de Bogotá. *The Quarterly Journal of the Geological Society of London*, I, 174-179.

Hedberg, H. D. (1974). *Hermann Karsten, Pioneer geologist in northern South America, 1844-1856*, Verhandl. Naturf. Ges. Basel, 84, 32-44.

Karsten, H. (1947). La situación geognóstica de la Nueva Granada. Conferencia dictada en Viena - 1856. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 7(27), 361-381.

Lea, I. (1840). Notice of the oolitic formations in America with descriptions of some of its organic remains. *Transactions of the American Philosophical Society*, VII, 251-253.

Morelos Rodríguez, L. y Moncada Maya, J. O. (2014). *La cartografía geológica en México (1888-1917): difusión y aplicaciones prácticas*. Simposio Pintar y dibujar el mundo, Díaz Angel y Nieto Olarte (comp.). Bogotá: Universidad de los Andes.

Rohl, E. (1944). Hermann Karsten, Dr. Fil. y Med. y Prof. de botánica (1817-1908). *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*, 8(25), 991-1027.

Schütz, G. (1998). *Uricoechea y sus socios*. Publicaciones Instituto Caro y Cuervo, Series Minor, vol. XXXVIII, Bogotá.

Von Buch, L. (1839). *Pétrifications recueillies en Amérique par M. de Humboldt et par Ch. Degenhardt*. IV, Gesamt, Schriften, Berlin, Lams. 30-31, pp. 519-542.

BIBLIOGRAFÍA DE HERMANN KARSTEN SOBRE LA GEOLOGÍA DE SURAMÉRICA, TOMADA Y TRADUCIDA DE HEDBERG (1974)

Karsten, H., 1849. *Carta del Sr. Dr. Hermann Karsten al Sr. Weiss, Puerto Cabello, 25 de abril de 1849*. Ber. Verh. Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin im Monat Juli 1849, (Sesión del 2 de julio) p. 197-200. (Indexado bajo el título de *Geognost. Berichte aus Venezuela*).

Karsten, H., 1850. *Carta, Herr Hermann Karsten an Herrn Berych; Cumaná, 23 de marzo de 1850*. Z. Dt. Geol. Ges. (Vehr.) 2/2 (febrero, marzo, abril de 1850), 86-88. (Indexado bajo el título de *Über Tertiärschichten und Kreide in Cumaná und bei Barcelona*).

Karsten, H., 1850. *Beitrag zur Kenntniss der Gesteine des nördlichen Venezuela*. Z. Dt. Geol. Ges. (Vehr.) 2/4 (agosto, septiembre, octubre de 1850), 345-361, 1 mapa a color.

Traducción al español bajo el título *Contribución al conocimiento de las rocas del norte de Venezuela*. Bol. Inf. Asoc. Venezol. Geol. Min. Petrol. (enero de 1970) 13/1, 17-42.

Karsten, H., 1851. *Über die geognostischen Verhältnisse des nördlichen Venezuela*. Arch. Miner. Geognos. Bergbau Hüttenk. 24, 440-479.

Traducción al español bajo el título *Sobre las Relaciones Geognósticas en el norte de Venezuela*. Bol. Inf. Asoc. Venezol. Geol. Min. Petrol. (enero de 1970) 13/1, 17-42.

Karsten, H., 1852. *Geognostische Bemerkungen über die Nordküste Neu-Granada's, insbesondere über die so-*

genannten Vulkane von Turbaco und Zamba. Z. Dt. Geol. Ges. 4/3 (mayo, junio, julio de 1852), 579-583.

Karsten, H., 1853. *Die geognostischen Verhältnisse der Ebenen Venezuelas*. Arch. Miner. Geognos. Bergbau Hüttenk. 25/2, 419-435.

Karsten, H., 1853. *Geognostische Bemerkungen über die Umgebungen von Maracaybo und über die Nordküste von Neu-Granada*. Arch. Miner. Geognos. Bergbau Hüttenk. 25/2, 567-573.

Karsten, H., 1857. *Über die Vulkane der Anden*. Vortrag, gehalten im Verein für Wissenschaftliche Vorträge am 14. Februar 1857, 26 p. (Berlin).

Karsten, H., 1858. *Über die Geognostischen Verhältnisse des westlichen Columbien, der heutigen Republiken Neu-Granada und Ecuador*. Amtlicher Bericht über die Zwei und Dreissigste Versammlung Gessellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Wien im September 1856: Herausgegeben von den Geschäftsführern Derselben, HYRTL und SCHRÖTTER, Vienna, p. 80-117, 2 Maps, 6 Pl.

Traducción al español bajo el título *La situación geognóstica de la Nueva Granada-Conferencia dictada en Viena, 1856*. Publicada en 1947 en Rev. Acad. Columb. Cienc. Exact. Fis. Nat. 7/27, 361-381.

Karsten, H., 1858. *Das Gold Neu-Granada's, dessen Vorkommen und Gewinnung*. Westermanns Jb. ill. Dt. Mh. 4/24, 629-636 (Braunschweig).

Karsten, H., 1859. *Über einige Versteinerungen der Kreideformation aus Neu-Granada*. Z. Dt. Geol. Ges. 11/3, 473-474.

Karsten, H., 1860. *Reisenotizen über die Provinz Cumaná in Venezuela*. Westermanns Jb. ill. Dt. Mh. 7/39, 282-298 (December 1859).

Karsten, H., 1861. Conferencia titulada *Über das geognostische Alter der Cordilleren Südamerika's*. Z. Dt. Geol. Ges. 13, 524-525.

Karsten, H., 1862. *Die geognostische Beschaffenheit der Gebirge der Provinz Caracas*. Z. Dt. Geol. Ges. 14/2, 282-287, 1 Pl.

Traducción al español por A. Ernst bajo el título *Sobre la Estructura Geognóstica de la Estructura de las Montañas de la antigua Provincia de Caracas*. Primer Anuario Estadístico de Venezuela, p. 191-194 (Ca-

- racas 1877, Imprenta Nacional). También en Gran Recopilación Geográfica, Estadística e Histórica de Venezuela (Caracas, 1889).
- Karsten, H., 1862. *Reiseskizzen aus Neu-Granada*. Z. Allg. Erdk., 13 [n.s.], 123-140, 1 Mapa.
- Karsten, H., 1862. Conferencia titulada *Über geologische Orgeln Neu-Granada's*. Z. Dt. Geol. Ges. 14, 17-18.
- Karsten, H., 1864. *Reisebilder in Columbien*. Westermanns Jb. ill. Dt. Mh. 15 (1863/1864), No. 86, 179-192; No. 87, 283-302 (Braunschweig).
- Karsten, H., 1873. Carta, *Herr Hermann Karsten an Herrn G. vom Rath, Schaffhausen im January 1874* (sic). Z. Dt. Geol. Ges. 25/3, 568-572. Indexado como *Über Südamerikanische Vulkane*.
- Karsten, H., 1877. *Erinnerungen aus den Kordilleren, über Vulkane und Erdbeben*. Natur I, 146-148; II, 160-163; III, 189-190; IV, 225-227; V, 267-269; VI, 285-288 (Halle).
- Karsten, H., 1886. *Géologie de l'ancienne Colombie bolivarienne, Vénézuéla, Nouvelle-Grenade et Ecuador*. 62 p., 1 Mapa, 11 perfiles (R. Friedländer & Sohn, Berlin).
- Traducción al español de las páginas 7 a 22 por A. Ernst bajo el título *Idea General de la Geología de Venezuela*. Minist. Obras Públicas (Venezuela), Rev. Tec. 2/13, 51-56; 14, 110-112; 15, 156-159; 17, 270-272; 18, 324-328 (Caracas 1912).
- Karsten, H., 1890. *Die Juraformation in Südamerika*. Neues Jb. Miner. Geol. Paleont. Band 2, p. 191-192.
- Karsten, H., 1890. *The Geological Age of the Mountains of Santa Marta*. London, Edinburgh, Dublin Phil. Mag. J. Sci. 29, 163-166, 1 Perfil.

GEOLOGÍA
DE
LA ANTIGUA
COLOMBIA BOLIVARIANA

VENEZUELA, NUEVA GRANADA Y ECUADOR

POR
HERMANN KARSTEN
DR. EN FILOSOFÍA Y MEDICINA Y PROFESOR DE BOTÁNICA

CON OCHO PLANCHAS Y UN MAPA GEOLÓGICO

BERLIN
R. FRIEDLAENDER E HIJO
1886

A LOS HABITANTES DE COLOMBIA

DEDICADO

EN RECUERDO DE AGRADECIMIENTO

POR

EL AUTOR

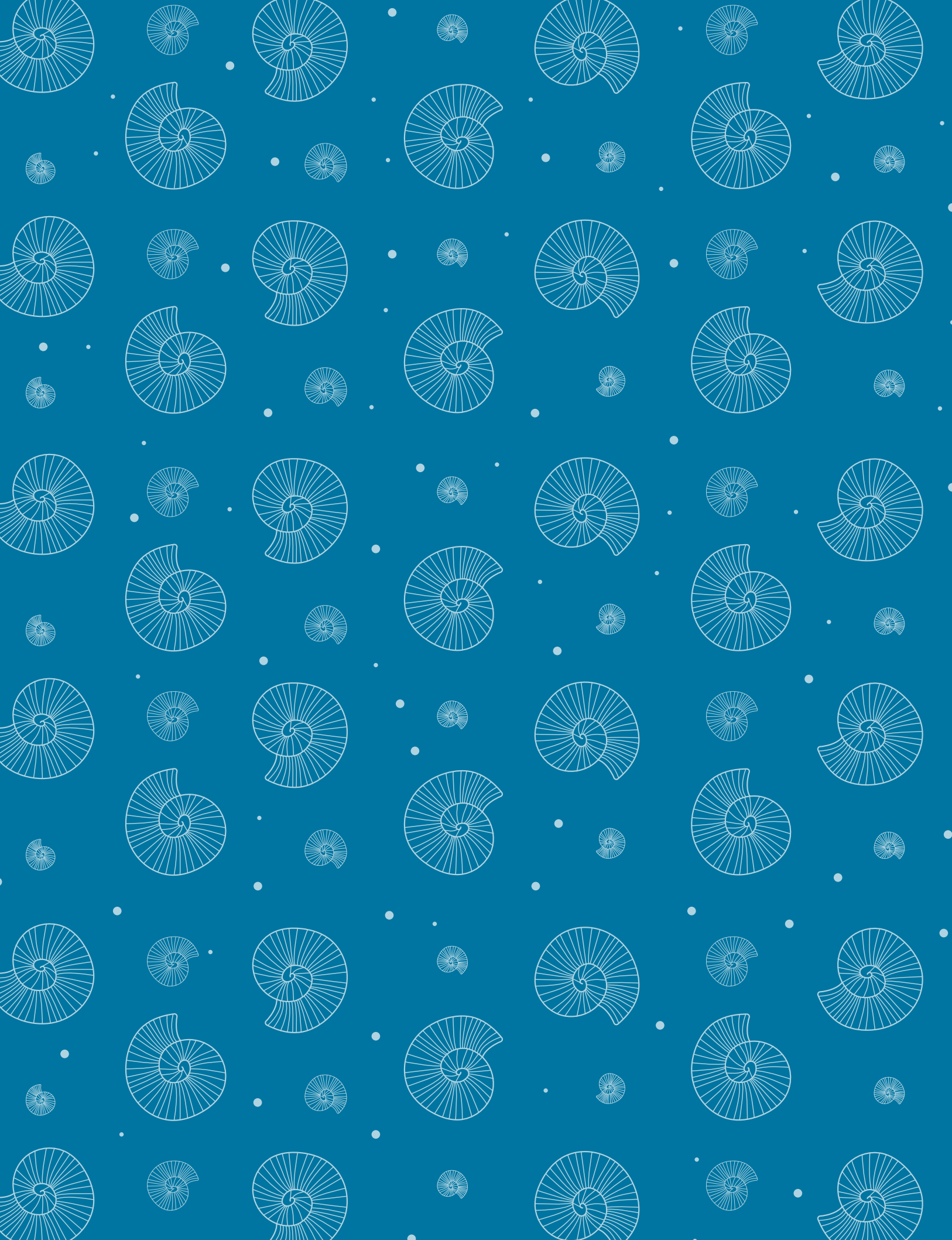


TABLA DE MATERIAS

Prefacio

Venezuela

Territorio del Este de Venezuela

Cumaná (macizo de)

Barcelona

Caracas (cadena interior de)

Llanos de Calabozo

Guyana

Territorio del Oeste de Venezuela

Mérida (macizo de)

Coro (la tierra de)

Paraguaná (península de)

Maracaibo

Nueva Granada

Costa norte (macizo de Santa Marta y el valle de Upar

Cartagena (volcán Zamba))

Cordilleras (orografía de las)

Cadena oriental

Cadena central

Cadena occidental y valle del Patía

Cadena del Baudó y de Panamá

Ecuador

Resumen

Explicación de los perfiles

Explicación de las figuras de fósiles



PREFACIO

Ofrezco aquí a los habitantes de Colombia la exposición de las observaciones científicas que hice en esa comarca, como primer paso hacia una descripción geognóstica de esa región, a pesar de que sé muy bien que mi conocimiento de su país tan interesante sufre aún de muchos vacíos.

El pequeño mapa geognóstico anexo a este trabajo es el producto de la coordinación de muchos puntos que visité en parte yo mismo, y de otros que solo me son conocidos por descripciones. Ellos me sirvieron para poner en relación los grandes distritos aún inexplorados que los separan, procedimiento al cual me autorizaban el desarrollo y la disposición extraordinariamente uniformes de los diversos terrenos que constituyen el país.

Ese mapa solo constata la predominancia de esos terrenos en sus territorios respectivos, sin otra consideración sobre sus relaciones de yacimiento; por ejemplo en las montañas de Cundinamarca, que están formadas por terrazas compuestas por los diferentes pisos cretáceos, solo indiqué la presencia y la predominancia de los Cretáceos inferior y superior, pero su repartición entre las diferentes localidades no está representada con mayor detalle. Así mismo en lo que concierne a la superposición al Cretáceo de depósitos terciarios de menor importancia, que yo constaté en esa región y la que observé en las montañas de Cumaná, debí limitarme a mencionar esos hechos en el texto sin indicarlos en el mapa. Este en efecto solo tiene como objetivo mostrar la distribución de los terrenos más importantes y deja al texto la tarea de describir el resto. Tampoco separé el terciario del cuaternario, pues el estudio detallado de su fauna está aún por hacerse.

Debo dejar a mis sucesores el trabajo de levantar mapas especiales más exactos. Tendrán también que hacer el estudio comparado de los restos organizados que les ofrecerán los diversos pisos de los terrenos sedimentarios. Yo mismo habría podido producir más, si los medios de que disponía para el transporte de colecciones no hubiesen sido tan limitados, y si antes del inicio de mi viaje yo hubiese estado preparado para aquello que me esperaba. Pero llegué a un país casi completamente desconocido desde el punto de vista geognóstico, del cual yo debía estudiar la constitución desde los primeros elementos y contentarme con trazar sus líneas generales.

Indiqué en la introducción las regiones visitadas por mí. Ojalá ese resultado de una exploración de 12 años, desprovista de todas las comodidades, en comarcas aún inhospitalarias y en la mayoría de las cuales me faltaron mapas topográficos exactos, ojalá, digo, faciliten a mis sucesores un estudio más detallado y aporten a la ciencia la utilidad y las ventajas hacia las cuales han tendido mis esfuerzos!

HERMANN KARSTEN



[p. 3] La región de Suramérica de la cual describo la geología en las páginas siguientes comprende la República de Colombia, fundada por Simón Bolívar en 1820, la cual ya en los últimos años de la vida del Libertador se desmembró en tres estados: Ecuador, la Nueva Granada y Venezuela. Más tarde los dos últimos, imitando a los Estados Unidos de Norteamérica, tomaron el nombre de estados federales. La Nueva Granada tomó entonces (1891) el nombre de “Estados Unidos de Colombia”. En este, como en otros trabajos de historia natural, he utilizado el nombre de Colombia y de Nueva Granada de acuerdo con su justificación histórica.

Exploré ese inmenso territorio de Colombia (cerca de 50.000 millas cuadradas) desde el punto de vista de la vegetación y de su composición mineralógica, hasta donde lo permitió un viaje de doce años. Sin embargo solo pude visitar la mitad de él, incluso tuve que contentarme con tocar puntos aislados o con seguir lineamientos generales. Me falta el estudio de la Guayana situada al sur del Orinoco, al igual que el de la Costa Pacífica y el de la Provincia de Antioquia y el Darién que se le unen a partir del valle inferior del Magdalena. Tampoco pude explorar la parte de las cordilleras situada al sur de Riobamba, ni las depresiones del Ecuador, al oeste y al este de aquellas cadenas.

En las vastas planicies que se extienden al pie oriental de las Cordilleras de la Nueva Granada, solo penetré hasta el pueblo de Jirama, situado sobre el Meta (Humadea). En cuanto a la gran llanura al norte de las orillas del Orinoco, la recorrí por el lado norte desde las montañas de Venezuela hasta Maturín, Calabozo y Barinas. En cambio, en la costa norte de Venezuela, desde Cariaco hasta más allá de la península de Paraguaná al oeste, solo quedan pocos puntos dejados inexplorados. Recorrí en las más diversas direcciones los macizos situados entre la costa y el Orinoco, y la mayoría de ellos varias veces, avanzando al oeste hasta Pamplona. Lo mismo hice en la costa de la Nueva Granada, desde Riohacha hasta Cartagena. Escalé las montañas de Santa Marta por el lado norte hasta el límite de las nieves y di toda la vuelta a su base, subiendo aquí y allí sus primeras pendientes al igual que las del Macizo de Perijá, que son su límite hacia el sur. Ya alguna vez, desde Maracaibo, había avanza-

do en aquella Sierra Baja de Perijá, extremidad septentrional del Macizo de Ocaña, Cordilleras Orientales de la Nueva Granada, sin haber podido entonces hacer el cruce planeado al valle de Upar. De allí (Upar) me dirigí más tarde, siguiendo inicialmente el pie de la montaña y subiendo luego hacia sus flancos occidentales, hacia Ocaña y de allí al propio macizo, y en seguida, con algunas salidas de un lado y otro, por Girón, Bucaramanga, Socorro, Tunja, Chiquinquirá, Zipaquirá, hacia Bogotá, desde donde crucé varias veces la cadena en diferentes direcciones y llegué a las llanuras del Orinoco. Así mismo visité, desde Bogotá, las minas de plata de Santa Ana, cerca de Mariquita, luego pasando la cadena del Quindío me dirigí a Cartago y de allí, subiendo el valle sobre el flanco occidental de las Cordilleras Centrales, llegué a Popayán, luego bajé de nuevo por el borde izquierdo del Cauca hasta Cali donde exploré además a un día de camino en dirección septentrional las pendientes orientales del macizo. De Popayán, desde donde visité al este el Puracé y al oeste las montañas de Buenaventura, llegué por el valle del Patía a Pasto y Túquerres, pasé algún tiempo estudiando esa comarca y los volcanes de los alrededores, y bajé por las faldas occidentales del Azufral y del Chiles hasta las llanuras que limitan el Océano Pacífico. De Túquerres continué luego mi viaje al sur hasta Riobamba, unas veces subiendo a algunos de los numerosos volcanes de aquellos altiplanos, otras bajando hacia el oeste (en la frontera del Ecuador) a las llanuras del Putumayo. A mi regreso crucé el paso de Guanacas y recorrí el valle del Magdalena, bajando hasta Tocaima; habiendo luego regresado a Bogotá, me embarqué finalmente en el río Magdalena, de Honda a Sabanilla.

Fue así como conocí ese gigantesco hemisiclo de montañas que rodea al oeste las llanuras inmensas que se extienden desde los 10° de latitud norte hasta los 18° de latitud sur, ahora aún en su mayoría inextricables, y que se aproximan ó rodean los macizos plutónicos de la Guayana y del Brasil. Las montañas de forma semi circular se componen de varias cadenas paralelas y, a partir de la península de Parí y de la isla de la [p. 4] Trinidad al noreste, continúan en la cadena costera septentrional de Venezuela y, por el macizo de Mérida, en la cadena de los Andes que toma inicialmente la dirección

meridional para correr luego al sureste hasta el altiplano de Cochabamba y de Chuquisaca – extremidad meridional del hemisiciclo. Esa cadena se prolonga luego hacia el sur hasta los 60° de latitud sur y se termina en el Cabo de Hornos.

El centro de ese gran hemisiciclo está ocupado por la meseta volcánica de Quito, limitada al norte por los volcanes de Pasto y Azufral y al sur por el Azuay; aquella meseta, desde el punto de vista geológico, forma el punto culminante de una cadena de dirección norte – sur y constituida por masas eruptivas plutónicas y volcánicas. Esa cadena presenta además los depósitos sedimentarios de la corteza terrestre; algunas veces estos han sido levantados y penetrados por las masas eruptivas, otras forman de cada lado de ellas pequeñas cadenas independientes o están directamente depositados sobre ellas o superpuestos a ellas, o finalmente, como en la meseta volcánica del Ecuador, están localmente más o menos envueltos, cubiertos, o completamente entrecruzados con ellas.

Mientras que las rocas volcánicas son el atributo casi exclusivo de las altas cordilleras centrales, acompañadas a menudo por cadenas más bajas, y que limitan el continente por el lado del Pacífico, los macizos menos importantes de esta región están formados por rocas plutónicas y volcánicas, y las inmensas llanuras solo ofrecen los depósitos más recientes de las últimas épocas geológicas. No es que esos depósitos recientes solo se encuentren en las llanuras bajas ni que los terrenos más antiguos aparezcan sucesivamente a medida que uno sube, lo cual llevaría a admitir una distensión y un levantamiento continuos y sincrónicos de toda la comarca, una emersión sucesiva del fondo del océano; más bien, muchos de los más altos macizos, incluso la cadena volcánica más alta, nos dan la prueba de que una parte al menos solo fue exhumada durante un período geológico bien reciente.

Los depósitos más antiguos, las capas paleozoicas, parecen aflorar solo en una pequeña extensión y solo en la mitad sur del continente hasta donde nuestro conocimiento, ciertamente bastante imperfecto y limitado a algunos puntos de ese inmenso territorio, nos autoriza a decirlo; esos pisos faltan entonces en las regiones de las cuales nos ocupamos aquí; de la serie mesozoica solo constatamos los depósitos más altos, solo el Cretáceo tie-

ne alguna extensión. Quizás las capas neptunianas primarias, con sus restos organizados fueron metamorfoseadas de tal manera, por la intrusión de las masas eruptivas, que hoy las encontramos como rocas metamórficas, como esquistos primitivos, en la cercanía de las masas plutónicas.

Mis antecesores en el estudio geognóstico de Colombia fueron: **Humboldt** (Viaje a las regiones equinoxiales del nuevo continente, hecho entre 1799 y 1804. París, 1816 - 1832); alumno de Werner, pero atraído, ante todo, por las teorías entonces nacientes de Desmarest y de Dolomieu sobre el volcanismo, hacia los grandiosos fenómenos volcánicos de América, él se entregó particularmente a su estudio. La base científica que Smith dio a las enseñanzas de Agrícola y de Werner sobre la edad relativa de los depósitos neptunianos, Humboldt solo la conoció después de su regreso de América; es por eso que las comarcas de Venezuela y de la Nueva Granada, por él visitadas, compuestas principalmente por depósitos neptunianos, no lo animaron a acometer un estudio más completo; sin embargo la ciencia le debe también el conocimiento geológico de una parte de Suramérica, pues llevó a Europa una colección considerable de fósiles, provenientes del terreno de las fuentes del Amazonas. Después de Humboldt vino **Degenhard**, por mucho tiempo ocupado en la provincia de Antioquia, valle del Cauca, como director de la mina de Marmato; publicó comunicaciones muy interesantes sobre la constitución geológica de aquel territorio (ver “Karsten’s Archiv der Mineralogie, XII, 1839”). Degenhard recogió una gran cantidad de fósiles, ya sea en el valle del Cauca o en el altiplano de Cundinamarca que él había también visitado. Esas dos colecciones tuvieron la fortuna de ser estudiadas por Leopoldo de Buch, paleontólogo consumado, quien (ver Buch: *Pétrifications recueillies en Amérique* par M. de Humboldt et par Ch. Degenhard, Berlin, 1839) probó que las comarcas situadas en los 5° 30’ de latitud sur (Cajamarca) y 4 – 6° de latitud norte (Antioquia), en las cordilleras de Suramérica, pertenecen al Cretáceo y no al Paleozóico antiguo, como la presencia de hulla y de potentes capas de areniscas rojas lo habían hecho creer hasta entonces. Tras esa publicación **d’Orbigny** también examinó los fósiles recolectados en aquellas regiones por Boussingault entre 1821 y 1833 (Conchas y equinoder-

mos fósiles de Colombia recolectadas por el Sr. Boussingault, 1842) y confirmó la opinión expresada por von Buch. De la comarca de Bogotá el Dr. **Gibbon** entregó además a Lea en Filadelfia una serie de fósiles para ser determinados. Lea los dio a conocer en 1841 (Notice on the oolitic formation in America. Transactions Americ. Phil. Soc. Vol VII, 1841). Es verdad que por error Lea consideró esos fósiles cretáceos como especies jurásicas. Luego **Forbes** recibió de Hopkins, también de Bogotá, petrificaciones que describió (Quarterly Journal of the Geol. Soc. of London Vol. 1 pag. 174, 1845). De la Guayana los hermanos Schomburgk llevaron, tras sus exploraciones de [p. 5] varios años en aquel país (Richard Schomburgk, Reise in British Guyana, Leipzig, 1847 y 48) la confirmación de las ideas de Humboldt, según las cuales la mayor parte de los macizos de Guayana consisten en rocas plutónicas.

Un envío de documentos y de fósiles que hice al Sr. Leopoldo de **Buch** desde Barbacoas de Trujillo, en las montañas de Mérida fue tema de una memoria de ese sabio en el "Schriften der Berline Academie der Wissenschaften, 1849"; incluso publicó en el "Zeitschrift der deutschen geol. Gessellschaft, Berlin Bd. II., 1850", una figura de la Ammonites Tucujensis *Buch*. El mismo año apareció en París, en español, un resumen de los estudios y observaciones de Boussingault durante su viaje en Colombia: "Viajes científicos en los Andes ecuatoriales ó colección de memorias etc. traducidos por J. Acosta 1849", luego en 1853 la memoria de Boussingault: "Notas sobre algunas conchas fósiles recogidas por J. **Acosta** en las montañas de la Nueva Granada" (Journal de Conchyliologie, Paris, 1853, Vol. IV)¹. **Acosta** publicó además en los Comptes-rendus comunicaciones sobre la desaparición del volcán de lodo situado en Galerazamba, cerca de Cartagena; una memoria sobre el mismo tema apareció en "L'Institut 1849" y "Leonhard Neue Jahrbücher für Mineralogie, 1851". – **Humboldt** finalmente produjo una comunicación sobre los Llanos de Caracas de la cual se hablará luego.

Las observaciones que registré durante mis viajes en Colombia entre 1844 – 47 y entre 1848 – 56 fueron en

parte publicadas en la "Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft 1849 und 1850" con un mapa geológico de Venezuela, y en parte en "Karsten's Archiv für Mineralogie, 1851 y 1853". Aquí viene a añadirse una descripción de la desaparición del volcán de lodo de Galerazamba, hecha según observaciones particulares e independientes de las de Acosta. De regreso de mi viaje (1856) me apresuré a comunicar en la reunión de Naturalistas Alemanes, en Viena, el resultado de mis estudios geognósticos en la Nueva Granada y Ecuador (Amtlicher Bericht der Naturforscher-Versammlung in Wien 1858). Poco tiempo después publiqué "Die Vulkane der Anden. Ein Vortrag. Berlin 1856", más tarde "Das Gold Neu Granada's" y "Reisenotizen über die Provinz Cumana in Venezuela" luego "Reisebilder in Columbien" en Westermann's Monatshefte, 1858, 1859 y 1862, y "Ueber das geologische Alter der Cordilleren" (Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft, Berlin 1861). En respuesta a mis comunicaciones citadas más arriba sobre los Llanos de Caracas, fechadas en 1852, apareció en 1853, en la (Zeitschrift der geol. Gesellschaft) un artículo inspirado por Humboldt, acompañado de un perfil, en el cual este último defendía su opinión sobre la naturaleza plutónica (en otros tiempos llamada volcánica) de las rocas de aquella región. Con el fin de aclarar ese diferendo incluí en 1862 en esa misma publicación dos perfiles, levantados según mis propias observaciones, de la misma comarca. Incluiré aquí conjuntamente esos tres cortes, además de los perfiles ya publicados en 1856; esto con el fin de facilitar a mis sucesores el estudio de este tema. Además escribí: "Erinnerung aus den Cordilleren, über Vulkane und Erdbeben" con teoría de esos fenómenos en "Die Natur, Halle 1877."

Después de mi publicación "Über die geognostischen Verhältnisse Columbiens, Wien 1856" aparecieron además otras contribuciones, dignas de consideración, a la geología de este país: **Villavicencio** "Geografía de la república de Ecuador, New York 1858" que contiene además de la parte geográfica numerosas informaciones geognósticas; **Wall** "Quarterly Journal of the geol. Soc. XVI, 1860" sobre Trinidad y la costa vecina de Venezuela; **M. Wagner**, sobre la geología del istmo de Panamá, Petermann's Geographische Mittheilungen 1861, Ergänzungsheft V." **L.K. Schmarda** "Reise um die Erde.

¹NdT. Este estudio no es de Boussingault sino de d'Orbigny.

Braunschweig 1861” da en el tercer volumen algunas notas geognósticas sobre Colombia.

Algunas palabras sobre la geología de esta comarca se encuentran también en la edición de los trabajos de **Codazzi** sobre la Nueva Granada, publicada por **Felipe Pérez** con el título “Jeografía física y política de los Estados Unidos de Colombia I, II, Bogotá 1862, 1863”. El autor dedica principalmente su atención a los yacimientos metalíferos, sobre todo al de oro, a la presencia de la hulla y de la sal gema.

Marcou (Explicación del mapa geológico de la Tierra, 1875) da a propósito de la descripción de Suramérica un análisis de mis observaciones sobre Colombia, a las cuales añade las de Wall sobre Trinidad, lo mismo que las de Maack quien encontró la Cordillera del Baudó situada al oriente del Atrato conformada por rocas plutónicas cristalinas. Marcou habla también de un territorio silúrico, situado al noroeste de Antioquia, sin dar no obstante las razones que hablan a favor de esa opinión y que podrían comprobar que no se ha tenido en cuenta, en este caso, la presencia de hulla y de arenisca roja como índices del “terreno de transición” como se había hecho hasta entonces en Colombia. Además el Sr. Marcou habla de una supuesta corrección de mis datos sobre la costa de Puerto Cabello y La Guaira, donde encontré restos aún intactos de rocas cretáceas ahora en mayor parte metamorfoseadas, y cuando observé además, a lo largo de la costa, Terciario o quizás incluso un depósito más reciente, como lo enuncio en los escritos citados más arriba (comparen el mapa que publiqué en 1850). En lo que se refiere a este último hecho no pude, [p. 6] es verdad, indicarlo de una manera más precisa en el mapa a escala aún más pequeña levantado en 1856 y conocido probablemente solo por el Sr. Marcou. Aquel mapa debía, en su pequeña escala, al igual que el que presento aquí, solo ofrecer una vista de conjunto sobre la distribución general de los diferentes terrenos, para obviar la ignorancia casi total en que estábamos entonces sobre las condiciones geognósticas de ese país. Nadie reprochará al Sr. Marcou no haber reproducido mis datos de 1850 de una manera distinta en su nuevo mapa, pues la pequeñez de la escala no lo permitía; pero cuando el Sr. Marcou dice sin embargo en su texto que ha impreso en él una corrección a mis datos, en el

sentido de que no señala ningún depósito sedimentario en el pie norte de las cordilleras de la costa, quedo entonces convencido de que el Señor mi muy honorado colega habría juzgado de otra forma si, en lugar de sostener con sus esfuerzos a los numerosos y excelentes geólogos de América del Norte, hubiese ido a América del Sur, muy inhóspita, es verdad, pero donde casi todo queda por hacer para el geólogo.*

Sobre la parte meridional del Ecuador aparecieron de **Wolf** (Leonhard, Neues Jahrb. etc., 1874, 75, 78 y 80) diferentes artículos que se encuentran reunidos y acompañados de mapas geológicos en sus “Viajes científicos por la República del Ecuador. Guayaquil 1879;” y “der Cotopaxi und seine Eruption 26. Juni 1877 (Verhandlungen des naturhistorischen Vereines für Rheinlande und Westfalen 1878). **Stübel** y **Reiss** exploraron, de 1868 a 1874, la Nueva Granada y el Ecuador (ver Petersmann’s geographische Mittheilungen 1878); habiendo dirigido su atención especialmente a las rocas y fenómenos volcánicos, creyeron haber observado numerosas corrientes

* Por lo demás el Sr. Marcou me distingue por el honor que me hace al exponer acontecimientos de mi vida privada a los lectores de su obra célebre y verdaderamente científica, que trata de la geología de toda la Tierra. Con gran pesar mío sin embargo, aquí también fue inducido en error por su corresponsal. Si el Sr. Marcou, después de la deplorable guerra de 1871, se hubiese podido decidir a solicitar informaciones sinceras a un colega alemán, yo habría podido entonces, animado por su simpatía, con gusto informarle que, para la ejecución de mi viaje estuve reducido únicamente a mis propios medios, materiales o científicos. No habiendo sido contratado por ninguna sociedad, por ningún gobierno, tampoco por lo tanto por el de la Nueva Granada, para estudio geológico alguno, no recibí subsidios de fuente alguna de ese género. En consecuencia, al comienzo de mi viaje de 12 años en Colombia, yo no había adquirido ningún compromiso, pero después de haber terminado mis investigaciones, poco antes de mi partida hacia Europa, fui encargado por el gobierno de Bogotá, es decir por el Ministro Pastor Ospina, de la honorable misión de redactar una descripción geognóstica de la Nueva Granada, en forma de un Manual de Geognosia. Desde Berlín envié ese trabajo a Londres al encargado de asuntos Tomás Cipriano de Mosquera, en 1861, en el momento en que este último acababa de ser elegido Presidente de la República y se disponía a regresar a su país; le pedí además entregar ese trabajo a su gobierno. Pero el Sr. Mosquera no me ofreció ni redactar mi manuscrito en español – del cual considero, es verdad, que necesitaba ser revisado desde el punto de vista de la lengua – ni de traducir (según el Sr. Marcou) mi texto alemán, que yo había enviado con antelación (1858) al embajador Juan de Francisco Martín a París; no solamente eso, sino que no presentó esa obra al gobierno de la Nueva Granada, para quien estaba escrito y tal como habría sido su deber, y tampoco lo puso a mi disposición. Nunca volví a ver ese manuscrito. Por esos motivos mi trabajo no fue publicado, y nunca recibí del gobierno los honorarios de \$ 1000 que me había propuesto para ello.

de lava que datan de tiempos históricos. Reiss reporta que, a la distancia de 8 millas de Sangay, a vuelo de pájaro, en Macas, vio surgir de ese volcán una corriente de lava que se esparcía en cascadas desde el cráter y que el mismo fenómeno habría ocurrido durante 8 años consecutivos, sin ninguna interrupción; dice también haber visitado, en 1868, el volcán de lodo de Zamba, y haber consagrado algún tiempo al estudio de ese volcán, mientras que fue consumido por el fuego y desapareció bajo el mar en 1848 (ver pág. 5). Sin embargo su compañero Stübel no da ninguna confirmación a esas alegaciones. Stübel amplía el círculo de nuestros conocimientos geológicos de Colombia, trayendo de La Plata dos amonitas, con base en las cuales Steinmann (Leonhard's, Neues Jahrbücher, 1882) identificó la presencia del terreno jurásico en el Magdalena superior. **De Loriol** describió en 1876 (Mém. Soc. de Phys. et d'Hist. Nat. Genève, Vol. XXIV) un equinoide (Enallaster) de mi colección, proveniente de Barbacoas de Tocuyo (Venezuela). – **L. Dressel** hizo en los "Stimmen von Maria Laach, Freiburg i. Br." comunicaciones sobre su viaje en Ecuador, de las cuales reproduje del Volumen XIII, 1877, una parte del artículo: "Die Vulkane Ecuadors und der jüngste Ausbruch des Cotopaxi." – **Stelzner** (Leonhard, Neue Jahrb. etc. 1877) reconoció en algunas muestras de roca de Oruba y² de Curazao que la caliza terciaria que allí aflora pasa sucesivamente a un fosfato de cal. – **Saenz** publicó en 1878 una nota sobre la comarca de Bogotá: "Contribuciones al estudio geognóstico de una sección de la Cordillera oriental. Bogotá." (Parece ser una hoja de un diario político). – **Attwood**, en 1879 (Quarterly Journal of the geological Society of London) informa sobre las rocas que afloran hacia el suroeste de Angostura, en el distrito aurífero de la Upata. – **Whymper** (Alpine Journal Vol. X. London 1882) da informes de sus ascensos y de sus mediciones de las cimas del Ecuador en 1879 hasta 1880. – **Steinmann** (Leonhard, Jahrb. etc. 1882) demostró la presencia del Jurásico con base en dos [p. 7] amonitas recogidas por Stübel en el Magdalena superior. – **W. Branco** publicó en 1883 (Palaeontologische Abhandlungen. Herausgegeben von Dames et Kayser, Bd. I, Berlin) un

estudio sobre la osamenta de mamíferos recogidos cerca de Punín, en cercanías de Riobamba. – **Siemiradzki** da informaciones petrográficas sobre las rocas del Ecuador (Neues Jahrbuch für Mineralogie etc., 1885) con un mapa geológico de las cordilleras al sur del Chimborazo hasta el río León, más algunos complementos a los datos de Wolf sobre aquella comarca.

Ahora voy a presentar a los amigos de la geología los materiales contenidos en la literatura arriba indicada, junto con aquellos aún inéditos de mis notas de viaje, con el deseo de que ese inicio de un estudio geognóstico de la parte de Colombia que visité pueda pronto favorecer a un explorador más favorecido y mejor equipado, y contribuya al estudio exacto y profundo de todas las particularidades de ese país tan bello y tan inagotable desde el punto de vista científico como, para el viajero europeo, abundante en privaciones y en penalidades de toda especie.

Para hacer más fácil la exposición general de los hechos, describiré todo el territorio fragmento por fragmento del Este al Oeste y al Sur, y trataré de representar el resumen de todas mis observaciones en el mapa anexo a la memoria, para la que tomé la parte hidrográfica de los mapas más recientes de Codazzi* y de Petermann.

La mitad oriental de Colombia, **Venezuela**, está constituida en su mayor parte por vastas llanuras surcadas por el Orinoco y sus afluentes principales y recorridas o limitadas al Norte por un macizo de montañas que bordea el mar en parte, al Sur por las cadenas de la Guayana y del Brasil. El núcleo de cada uno de esos macizos, que forma al mismo tiempo sus puntos culminantes, es de naturaleza plutónica. La Cordillera Septentrional se divide en varias cadenas que atraviesan el país de 62° a 69° de longitud occidental del Este al Oeste y de 69° a 72° del Noreste al Suroeste. Sienita pasando a granito o a neis, esquistos anfibólicos, micáceos o cloríticos, estos últimos con frecuencia de estructura ondulada, con niveles de esquistos arcillosos, de cuarcitas o de calizas, todo aquello forma las partes principales de esas cadenas plutónicas; más raros son los esquistos calcáreos cristalinos y el mármol; y totalmente subordinadas, en las capas

²NdT. Probablemente se trate de Aruba.

*El de la Nueva Granada fue publicado, en 1864, por el gobierno de Bogotá (Tomás C. Mosquera) con el nombre de Ponce de León.

superiores de la periferia se encuentran calizas cavernosas que recuerdan las del Cretáceo superior, por ejemplo en Valencia y Puerto Cabello (San Esteban). Las cadenas plutónicas están acompañadas por colinas secundarias formadas en su mayoría por depósitos neptunianos que, en la parte oriental los bordean por el Sur, en la parte occidental por el Norte.

La sienita y las rocas análogas de esos macizos pueden solo deber su origen al metamorfismo de capas neptunianas, como parece demostrarlo un yacimiento en la cadena occidental, allí donde ella cierra el valle del río de las Aguas Calientes, entre Puerto Cabello y Valencia. Aquí un granito penetra una capa de esquisto arcilloso compacto y granular, potente de 1 a 3 metros y ha incrustado fragmentos de esa roca, los cuales están metamorfoseados en anfíbol. El granito por su parte se enriquece en anfíbol en la cercanía de esos fragmentos.

Del grado 62 al 68, al Oeste, la base de esos macizos plutónicos está en todas partes bañada por el mar. De 60° 30' a 66° 10', es decir de Punta Araya a Cabo Codera la cordillera está interrumpida por un golfo que se adentra profundamente en las tierras.

Por el lado del Oeste esa cordillera costera plutónica de Venezuela que corre de Este a Oeste, deja la costa y toma la dirección del Suroeste, como lo he dicho. Al mismo tiempo la altura general disminuye, y las rocas graníticas, cristalinas masivas desaparecen detrás es decir que las montañas de Montalbán, Altar, Sanare, Santa Rosa, Trujillo, etc. están formadas principalmente por esquistos metamórficos. Luego reaparecen granito y sienita en más grandes masas, en las montañas más occidentales (70° 30' – 71° 30') de Niquitao, Santo Domingo, Mucuchíes y de la Sierra Nevada de Mérida. Ellas son de nuevo desbordadas por los esquistos en la extremidad occidental de esta cadena hasta su unión con los montes de la Nueva Granada, que corren Norte – Sur, entre los ríos del Magdalena y del Zulía.

Observemos aquí de entrada que la mayor inclinación de las cimas de esas cadenas de Mérida está constantemente dirigida al mediodía, mientras que, en la cadena costera de Caracas, esa mayor pendiente se encuentra hacia el flanco norte; además, las rocas graníticas, masivas aunque divididas en placas, afloran preferiblemente

en las regiones inferiores de los relieves abruptos. En las montañas de Caracas las rocas anfibólicas me parecieron más frecuentes, en las de Mérida las rocas micáceas parecían tener la preponderancia. Esas dos partes de la cadena plutónica de Venezuela, que de ordinario corre en la [p. 8] dirección Este – Oeste, es decir el tramo oriental y el tramo occidental, se distinguen entre ellos, además de sus características orográficas, por el hecho siguiente que quizás es un corolario de ellas, que el primero está bordeado por su lado sur, el segundo por su lado norte, por rocas neptunianas que se extienden luego en llanuras más o menos extensas.

Consideremos primero el tramo oriental de la parte este de Venezuela, del 62° al 69° grados de longitud occidental. El flanco septentrional de la Cordillera costera exterior plutónica se sumerge casi en todas partes directamente en el mar. Solo en algunos sitios se encuentra una zona marginal de capas más recientes, de muy pequeña extensión, por ejemplo el Cabo Blanco cerca de La Guaira, formada por depósitos terciarios de margas con conchas (*Pecten gigas*), de arenas, de gravas y de brechas conchíferas que todos conjuntamente buzan 45° al Sur; así mismo la bahía de Puerto Cabello llena de corales de especies actuales. Además un depósito marino muy reciente cubre aquí y allí los esquistos cristalinos metamórficos hasta una altura de 20 metros, por ejemplo en Punta Araya y en La Guaira, como prueba de un ligero levantamiento de esa costa, que habría tenido lugar en una época bien reciente.

Por el lado del Oeste esos macizos cristalinos se extienden hasta el 69° grado hacia Aroa, donde contienen filones de cobre sulfurado y de galena platinífera y donde comienzan los vastos territorios fosilíferos, sobre todo los distritos terciarios.

Al Sur esa cadena plutónica está acompañada por varias filas de colinas cuya altura y continuidad disminuyen hacia el Sur y que están compuestas principalmente por rocas sedimentarias.

Entre más se alejan esas alturas hacia el sur de la Cordillera Costera exterior y del grado de longitud de Valencia hacia el Este, más disminuyen las huellas de cualquier metamorfismo.

La más alta de esas cadenas, la más cercana de la Cordillera cristalina de la costa, la “Cordillera costera in-

terior”, está formada en parte por los “Grünstein” y otras rocas metamorfoseadas; la masa plutónica que fue la causa del levantamiento solo aflora hasta donde conozco la cadena en algunos puntos del Oeste. El metamorfismo de las capas neptunianas es menos completo que en la Cordillera costera exterior; el esquisto arcilloso micáceo no muestra tampoco esas ondulaciones frecuentes en los esquistos micáceos de Caracas. Esa cadena se prolonga un grado al Este más allá del Cabo Codera, donde está constituida, en el Morro de Unare, a la orilla del mar, por una caliza rica en hippurites y otros fósiles cretáceos. Ese terreno aflora de nuevo más al Este en Piritu y en los montes de Paraulata, luego continúa en las montañas de Cumaná, donde alcanza un desarrollo considerable.

Esa parte más oriental de las montañas costeras interiores de Venezuela, el macizo de Cumaná, situado al Sur de la baja cadena plutónica de Paría, se ensancha en un grupo de cimas surcadas ya sea por altos valles en terrazas o por estrechos cañones con paredes verticales. El centro de esa región montañosa de Cumaná está formado por la Mesa del Guardia San Agustín, 3730 metros de altura, de donde irradian los valles de Caripe, Santa María, Periquito, Cocollar y Cumanacoa; en ella se apoya la meseta de Bergantín. La dirección del mayor levantamiento es WSW – ENE. Las más altas cimas son el Peonía (2048 metros) Turumiquire (2040 metros), Cuchivano (1560 metros), Guacas (1505 metros), Guácharo (1454 metros) etc.; los flancos de sus valles están en su mayoría cortados por cañones estrechos. Esas alturas son al mismo tiempo los puntos más elevados de todo el macizo costero inferior, mientras que en las cadenas ribereñas septentrionales las mayores alturas se encuentran en la parte occidental (Naiguatá 2800 metros, Silla de Caracas 2630 metros).

La extensión de los elementos diversos que componen ese territorio es tan variada en sus proporciones como la comarca no lo es en su aspecto exterior. En general hacia el Este predominan las calizas y las areniscas, hacia el Oeste, al contrario los esquistos arcillosos tienen la preponderancia. Esto es aún más sobresaliente si se añade la Cordillera de Trujillo y de Mérida, en el oeste de Venezuela, donde areniscas y calizas son tan subordinadas como los esquistos arcillosos en el país de Cumaná.

La secuencia más inferior de la caliza que aflora aquí en el Este con gran potencia es una roca dividida en estratos delgados, de color azul oscuro y de fractura esquistosa; contiene geodas de pirita en gran cantidad e incrusta regularmente, sobre todo hacia arriba, nódulos elipsoides de la misma caliza. En Cumanacoa y en Santa María encontré en esa roca huellas de amonitas, y en el Cerro de los Pilonos cerca de Cumaná restos de belemnitas.

Aquella caliza azul oscura con amonitas está acompañada por un esquisto silíceo negro, en capas delgadas, que aflora con mucha frecuencia en los valles laterales y en los cañones del valle de Cumanacoa en San Antonio y San Francisco, y en el torrente de Ipure cerca de San Antonio, contiene nódulos calcáreos en uno de los cuales encontré una belemnita. En el mismo torrente se levanta una pared rocosa de cerca de 100 metros de altura, formada por capas de caliza gris que contienen aquí fragmentos del esquisto calcáreo azul oscuro que vimos más arriba; es por lo tanto más joven que este último. En otro cañón de la misma comarca esa [p. 9] caliza está suprayacida por una caliza azulosa que contiene el *Inoceramus plicatus* d'Orb., fósil que se recoge también cerca de Barbacoas (Provincia de Trujillo) en circunstancias de yacimiento similares y acompañado de diversas especies de amonitas de los pisos inferiores del Cretáceo.

Las secuencias más antiguas de esa caliza alternan con un esquisto arcilloso oscuro que contiene también numerosos nódulos calcáreos elipsoides; otras veces, pero más raramente, alterna con areniscas rojas, por ejemplo al Este de Cumanacoa en el Cerro de los Pilonos.

En el Morro Unare, el Morro de Barcelona y en las colinas de Catuaro, en el golfo de Cariaco, que están en general constituidas por esquistos calcáreos amarillentos y esquistos silíceos (estos últimos siendo también, en las capas inferiores, de color marrón oscuro o negro) el nivel más inferior es una caliza gris con ruptura esquistoides, similar a la de la quebrada de Ipure, atravesada sin embargo por venas blancas de calcita. Todas esas capas están, según parece, absolutamente sin fósiles; solo en esta última se encuentra disperso, en el Morro Unare, el mismo *Inoceramus plicatus* que observé en San Antonio de Cumanacoa y que también encontré a menudo (en Periquito, Cocollar, Guácharo, San Agustín, monta-

ña de Santa María) en un esquisto silíceo gris u oscuro, suprayacido por esquistos margosos, arcillosos y calcáreos. En la parte media del macizo de Cumaná aflora en las localidades citadas, así como en Caripe, Cuchilla de Guanaguana, Bergantín, un esquisto amarillento de ruptura concoide muy potente que se encuentra sobre la costa en las colinas aisladas de Unare, en el Morro de Barcelona y en Cumaná, y que, según me pareció, forma también, cerca de la ribera, las islas separadas de Chimanas y las Caracas; alterna con esquistos margosos y silíceos, algunas veces está cubierto por ellos y es también más o menos silíceo o arcilloso, según la naturaleza de la roca vecina.

Sobre ese esquisto calcáreo amarillo reposa, en los Montes de Cumaná, donde forma las mesetas en terrazas, una caliza compacta, azul grisácea, en bancos o en capas potentes a menudo atravesada por numerosas cavernas irregulares (entre ellas la célebre gruta del Guácharo) que forma con frecuencia montículos aislados; aquí y allí el modo de origen de esa caliza, formada por innumerables conchas (hippurites) se reconoce fácilmente, como en Cumanacoa, Bergantín, etc. Encontré también aquella caliza con hippurites en la península de Araya, donde reposa sobre esquistos micáceos. Esa secuencia del Cretáceo superior, que en Turimiquire contiene foraminíferos alterna regularmente con una arenisca sin fósiles, siempre coloreada de rojo en la superficie; en sus capas más antiguas, pero solo en Cumanacoa, alterna con calizas con belemnitas; hacia la parte superior de ese grupo la arenisca aumenta de espesor. Con las capas más recientes alterna también algunas veces (Cumanacoa, S. María, Caripe, Bergantín, etc.) un esquisto arcilloso o margoso con ruptura concoide, a menudo rompiéndose en fragmentos de forma de paralelepípedos; en su vecindad la caliza, probablemente más rica en arcilla, se desmorona más fácilmente y abandona entonces las conchas que contiene, en forma de moldes internos bien conservados.

Sobre la caliza cavernosa con hippurites, compacta y uniformemente gris – azul de los Montes de Cumaná – cuya secuencia más reciente, aparentemente sin fósiles, está en el Golfo de Cariaco, en Bordones (Cumaná), en Toco (Barcelona), en el lago de Unare, etc, abigarrada por inclusiones de nódulos arcillosos de varios colores, y al-

terna con areniscas también abigarradas – sobre ese sistema, digo, se encuentra en Araya, estratificada con gravas, arenas o margas una caliza porosa o más raramente compacta, moteada de rojo, que contiene conchas marinas de especies aún vivas y ofrece todas las transiciones a una brecha conchífera blanca.

Esa caliza terciaria, que contiene el *Pecten gigas* del Cabo Blanco cerca de La Guaira, o quizás cuaternaria al menos en parte, aflora en las colinas de San Antonio, cerca de Cumaná, en las mismas circunstancias de yacimiento, pero aquí no se puede observar la roca infrayacente. En la brecha conchífera blanca y la marga amarilla o abigarrada algunas veces con yeso, que conjuntamente conforman sus capas superiores, se encuentran exclusivamente animales de especies marinas actuales, p. ej. *Cerithium atratum* Brug., *Cer. litteratum* Brug., *Cer. ferrugineum* Say, *Cer. zonale* Brug., *Turbinella nassa* Lamk., *Monodonta modiolus* Lamk., *Trochus pica* L. spec., *Strombus gallus* L., *Conus mas* Hovass, *Pyrula melongena* Lamk., *Pyrula galea* Chemnitz spec., *Pisania Coromandeliana* Lamk. spec., *Phasianella bicarinata* Dunker, *Buccinum nucleus* L., *Bulla media* Philippi, *Turritella variegata* L., sp., *Nerita tessellata* Gml., *Lucina squamosa* Lamk., *Luc. chrysostoma* Philippi, *Venus cancellata* L., *V. Paphia* L., *V. flexuosa* Lamk., *Plicatula ramosa* Lamk., *Ostrea parasitica* Gml., *Cytherea convexa* Say, *Cyth. albina* Lamk., *Cardium médium* L., *Arca láctea* L., *Fissurella Listeri* Gray, *Fiss. nodosa* Lamk., *Tellina solidula* Solander, *Tel. remies* L., etc. Una caliza de color similar, rojo moteado, pero compacta, que contiene pectens, óstreas, etc., se encuentra también al oeste de esos puntos, en los distritos costeros vecinos de Clarines, Morro de Unare, Piritu, etc., esa caliza parece también ser contemporánea de la de Araya.

En el borde meridional del macizo de Cumaná, sobre el Amana y el Querecual, aflora una caliza gris, [p. 10] arenosa y arcillosa, con petrificaciones (*Donax*, *Cerithium*, *Cardium*, etc.) que la asemejan a la de San Antonio, cerca de Cumaná; alterna con una arenisca con improntas de hojas y restos de conchas, y arcillas moteadas que en otros sitios de los Llanos (San Félix, Urica, Pao) contienen yeso; aflora además en Mucujugal, alternando con un conglomerado conchífero. La arenisca

forma también aquí bancos bastante potentes y ofrece algunas alternancias de gravas y bancos de bloques; otras veces pasa al conglomerado propiamente dicho.

Brechas conchíferas y otros conglomerados de misma naturaleza que los de Cumaná (San Antonio), terciarios y cuaternarios, forman capas perfectamente horizontales en la península poco alejada de Araya (así como en Puerto Cabello y las islas cercanas circundantes de Guayanas y Alcatraz; cubren también la mayor parte de la península de Paraguaná).

Después de la caliza, la arenisca es la roca más difundida del macizo de Cumaná; parece además, salvo algunas de las capas superiores, estar siempre desprovista de fósiles. En el piso inferior del Cretáceo la arenisca propiamente dicha es rara, siempre está remplazada por esquistos silíceos oscuros, con inoceramitos. La arenisca que aflora aquí es blanca y contiene lentejuelas de mica, por ejemplo en Cumanacoa, en el Purgatorio (cerca de San Agustín) y en el Bergantín. En esta última localidad se torna rojiza al aire, y se encuentra en el límite del Cretáceo superior. En un solo sitio, en el cerro de Los Pílonos cerca de Cumanacoa observé en esa división, alternando con la caliza con belemnitas, una arenisca de un color café-rojizo que, muy potente en el Cretáceo superior se vuelve un miembro característico de él. Como ya lo dije, esa arenisca roja particularmente potente en los bordes sur y oeste del macizo de Cumaná representa allí el nivel más reciente del Cretáceo superior. En el Barranquín, cerca de Cumaná y en el Rotundo en el golfo de Santa Fe las capas superiores de esa arenisca alternan con capas delgadas de un esquisto arcilloso rojo o moteado de amarillo, que contiene conchas e improntas de plantas. En Bergantín se encuentra también, intercalado en la arenisca roja, un complejo de margas y de arcillas endurecidas, y de cuarcitas que, por el lado del Oeste, reaparece por primera vez en Uchire, en la ribera sur del lago de Unare. En el pie norte del Bergantín, en la cercanía de Aragüita en la quebrada de Naricual un grupo de otras capas semejantes de cuarcitas, bastante potentes, y de esquistos arcillosos micáceos oscuros contienen bancos de hulla que alcanzan cerca de 1 metro de potencia. En las colinas de San Antonio (Cumaná) y en las capas análogas en la península de Araya, pero más potente aún en el borde

sur del macizo de Cumaná, se encuentra, acompañando la caliza que hemos señalado hace un momento con el Terciario, una arenisca fina, gris, arcillosa, que contiene (en Orégano en el Amana) granos verdes y restos de conchas, o también improntas de plantas; en Mucujucal (y también en Capaya, Provincia de Caracas) una arenisca similar, pero más calcárea, contiene bellas conchas de moluscos marinos actuales. Las capas inferiores de esa arenisca alternan a menudo con niveles de gravas y de guijarros provenientes de rocas del Cretáceo inferior, y se observan en general todas las transiciones a conglomerados o a pudingas (puddingstones) que están formados entonces por rocas del grosor del puño del esquisto amarillento silíceo y calcáreo, de la cuarcita, de la caliza roja abigarrada, más raramente de la caliza azul oscura y de la caliza gris con venas de calcita. Encontré también en esas pudingas, cerca de Mujucal y de Clarines, conchas de moluscos marinos actuales. El cemento de esos dos tipos de conglomerados se compone de una masa fundamental gris, cuarzosa, que al desprenderse toma a veces un tinte rojizo. Otro conglomerado, formado por los mismos elementos de esquistos silíceos o calcáreos, que parece ocupar la parte superior, superponiéndose la mayoría de las veces a una marga amarilla moteada de rojo y con frecuencia yesífera, a menudo también recubierta por ella, tiene un cemento rojo cuarzoso.

Las rocas arcillosas están, en el Macizo de Cumaná, subordinadas a las calizas y a las rocas cuarzosas. Yacen, unas veces en alternancia con las calizas y los esquistos cuarzosos del Cretáceo inferior, y están representadas entonces por rocas duras, oscuras, finamente esquistosas, otras veces en cambio como capas deleznales, amarillentas, entre las calizas en el límite de los Cretáceos inferior y superior. Un esquisto arcilloso azulado que se desprende en concreciones de ruptura concoide, se encuentra en la parte superior de las areniscas de la Loma de la Virgen; alterna también con esquistos calcáreos azul oscuro del Cretáceo inferior del Bergantín en el torrente de Mondongo. Ese esquisto se vuelve más importante y al mismo tiempo más potente en las montañas de Uchire y de Cúpira, al oeste de Unare. Allí alterna con cuarcitas a menudo levantadas verticalmente y que aquí, en el río Panapo, forman paredes perpendiculares en los contrafuertes cercanos al

mar. Hablé de la arcilla esquistosa con lentejuelas de mica e improntas de hojas de Santa María, Santa Fe, etc., a propósito de las capas de arenisca que la acompañan.

En las colinas de San Antonio (Cumaná) como también en las formaciones equivalentes de la península de Araya, cerca de Manicuiare, situada en frente por el lado del norte, las calizas conchíferas terciarias y las areniscas y conglomerados alternan con una arcilla amarilla o rojo - marrón que contiene cristales de yeso con frecuencia [p. 11] en abundancia extraordinaria, sal gema en proporciones variables, ordinariamente también restos de conchas. En Araya esa arcilla fue antiguamente explotada a causa de la sal; el mineral, extraído del suelo por las aguas lluvia, se depositaba en la temporada seca por evaporación del agua que se juntaba en pequeños lagos entre las colinas formadas por esa arcilla. En la costa se explota aún actualmente una arcilla similar, como por ejemplo en Hatillo, en la orilla izquierda del Unare, mientras que la sal es ahora extraída en Araya así como en los lagos de Píritu y Unare por evaporación del agua marina; se le saca de la misma manera de algunos pequeños estanques y canales situados al oeste de esos lagos, así como en las islas de Los Roques.

En Cumaná esa arcilla amarilla rojiza contiene esporádicamente cantidades considerables de mercurio metálico, al igual que en otras localidades de la costa hasta Panamá; se ha también observado aquello algunas veces en el interior del país. Vi, en las corrientes de agua que, arriba de Bogotá, han cavado sus lechos en una marga análoga, mercurio metálico que los habitantes recogen a veces en pequeñas cantidades. En el flanco del Turimiquire encontré en una marga arenosa partes del esqueleto de un gigantesco mamífero (*Megatherium*?). Humboldt recogió cerca de Cumanacoa osamentas de elefante.

La parte media de la mitad oriental de Venezuela septentrional forma la provincia de Barcelona. Como la cadena costera, exterior, plutónica, está interrumpida totalmente desde Punta Araya hasta el Cabo Codera, es decir de 64° 33' a 66° de longitud occidental, la cadena costera interior, al occidente del macizo de Cumaná, es decir del río Aragua al río y morro de Unare, esa cadena, digo, solo está constituida por una serie de elevaciones poco considerables y discontinuas, que forman las mon-

tañas rebajadas de Paraulata. En esa región, de las rocas sedimentarias no observé nada del Cretáceo antiguo pero vi en algunos sitios capas que podrían pertenecer a los pisos más recientes de ese terreno. Vi al norte del morro Píritu una caliza azul grisácea cavernosa, perteneciente a la formación cretácea superior, similar a aquella de Puerto Cabello (San Esteban). Calizas azules y moteadas de rojo, terciarias quizás, y areniscas finas, arcillosas, manchadas de amarillo o de rojo, a veces también grises, esas son las rocas que se encuentran aquí en la costa septentrional, levantadas ya sea hacia el sur ya sea hacia el norte y cubiertas en discordancia por potentes secuencias horizontales de gravas que supongo cuaternarias, por areniscas grises y un esquistos calcáreo blanco de ruptura terrosa, sin fósiles, que alterna con las areniscas, y es particular de esta región. Cerca de la ciudad de Píritu aflora una caliza terciaria blanca rica en equinoides. En Clarines sobre el Unare, como lo hemos visto para Araya y toda la costa de esta parte, aparecen arcillas salinas o yesíferas con conchas marinas actuales que fueron aquí y allá explotadas para obtener sal gema. Aquí esta arcilla reposa sobre un conglomerado que contiene ostras y otros fósiles marinos.

El lado sur de ese rosario de colinas se extiende hasta las vastas llanuras, los “Llanos” que llegan casi hasta el Orinoco. Sus aguas no corren sin embargo al Sur o al Este hacia el Orinoco, sino que se dirigen al Norte hacia el Mar de las Antillas, confluyendo en el Unare que llega al mar al pie del Morro de Unare. Las ondulaciones llamadas “mesas”, “llano alto”, del Tucusiapano y del Guanipa, que en sus partes más elevadas llegan a cerca de 250 metros, forman hacia el sur el límite de la cuenca del Orinoco así como altiplanos análogos, que se recuestan al macizo de Cumaná: la mesa de Urica y la de Sala limitan al Este los llanos de Barcelona. Al Oeste la línea divisoria de aguas del Orinoco y del Unare está delineada por elevaciones sin importancia. Todo ese territorio de los Llanos de Barcelona y de Cumaná se compone de capas de marga y de arena, de grava y de arenisca; está disectado por corrientes de agua profundamente encajadas, con paredes verticales, llamadas “barrancos” que lo dividen en “mesas”. Casi siempre observé una capa de arenisca o de conglomerado de un metro de potencia, o sus productos de descomposición, cubriendo la su-

perficie de las mesas; por regla esa capa descansa sobre una marga abigarrada arenosa. Ese conglomerado, compuesto por guijarros de caliza, de sílice y de areniscas unidos por un cemento cuarzoso impide que las mesas sean demasiado erosionadas y destruidas por las lluvias de los trópicos. La erosión se produce en los bordes de las mesas luego que los conglomerados y las areniscas hayan sido poco a poco descompuestos y desagregados. Las cárcavas se ensanchan así progresivamente por la acción de las aguas crecidas que desgastan sus flancos margosos y escarpados y provocan su derrumbe. Después de la temporada de lluvias, las corrientes de agua se concentran en un lecho estrecho, se reducen finalmente a algunos charcos o se desecan completamente. Ocurre aquí, en una forma lenta, el mismo fenómeno que se observa en pequeña escala en Carora (Provincia de Coro) desde 1830. Aquí la superficie de la llanura estaba en otros tiempos cubierta de una exuberante vegetación; los rebaños de cabras se alimentaron de ella, parece que con pocas consideraciones, de tal suerte que esa capa superficial no pudo más resistir al escurrimiento de las aguas después de las inundaciones anuales y fue surcado por numerosos sistemas de arroyos y de pequeños afluentes que irradiaban de las partes más duras, ricas en hierro y en cuarzo. Esas corrientes de agua han ahora socavado la llanura hasta una profundidad considerable; cada año, en la temporada de [p. 12] grandes lluvias y de inundaciones, sus flancos abruptos, e incluso la superficie margosa de la llanura, son quitados poco a poco, y varios miles de metros cúbicos de tierra compacta son arrastrados al río Tocuyo y al Mar de las Antillas.

La división más occidental, la tercera, de la mitad oriental de esa cadena costera interior comienza en la costa izquierda de la desembocadura del Unare. Esta elevación alcanza pronto, en el Morro de Unare, una altura media de 1.000 metros, y de 1.500 metros en La Palomita y Altagracia (66° 20'); ella se extiende al Oeste hasta Cuipe cerca de Tinajillo (68° 25') donde empata con la extremidad noreste de la cadena de Mérida. El flanco norte y la extremidad más occidental de esa cadena interior se componen, como lo indiqué más arriba, de rocas metamórficas, más al Oeste de rocas graníticas; el flanco sur y la extremidad oriental de capas sedimentarias cretáceas.

Entre las dos cadenas costeras no observé en ninguna parte rocas cretáceas no metamorfoseadas, pero vi algunas en el lado norte de la cadena interior, que hacia el Este desborda la cadena exterior (65° 30' – 66°). Aquí se observa bajo la caliza cavernosa azul clara del Cretáceo superior, alternando con areniscas arcillosas grises e involucrando, en el río Chupaquire, estratos de hulla, se encuentran allí, digo, las calizas en bancos delgados azul oscuros y con amonitas del Cretáceo inferior. Por el lado sur afloran esquistos amarillentos, silíceos, calcáreos y margosos del Cretáceo superior, que se desagregan fácilmente en fragmentos en forma de paralelepípedo y se descomponen difícilmente.

Entre esas dos cadenas se puede seguir el Terciario y el Cuaternario, viniendo del Este, en el valle del Tuy hasta las vecindades de Aragüita, al suroeste de Caucagua. En Curiepe, al sur de Cabo Codera, que se compone de rocas metamórficas buzando 75° al noroeste (esquistos micáceos y esquistos anfibólicos), se encuentran, apoyados sobre esas capas, otros estratos de un pie de espesor formados por conchas aún bien conservadas de Tellinas, Lucinas, Cardiums, Bulimias, Venus, etc.; ese sistema está cubierto por bancos de uno a dos metros de potencia de una arcilla amarilla atravesada varias veces por una red de plaquetas de yeso o de caliza, o intercaladas en ella. En Cayapa calizas arenosas grises alternan con areniscas, arcillas y margas, que contienen todas cantidades a menudo considerables de conchas observadas en Cumaná y enumeradas en la página 9. En el Merecure, entre Capaya y Caucagua un esquisto arcilloso azul, intercalado entre areniscas grises y conglomerados contiene numerosos cerithes. Una caliza con scalarias aflora en la quebrada Siquire, donde aparecen igualmente las capas con conchas de Curiepe. En la Hacienda de Siquire, no lejos de Aragüita se observa una caliza dura, cristalina, con numerosos restos fosilíferos, dispuesta en capas de potencia considerable y alternando con arcillas arenosas y bien estratificadas, o calcíferas y atravesadas por numerosas venas calcáreas blancas; alterna también con areniscas en parte finas y de color gris, en parte rojizas, arcillosas y pasando a conglomerados cuarzosos. Se constata la presencia de carbón en las fuentes de la quebrada Siquire. En Santa Lucía esa arenisca arcillosa contiene a menudo

yeso en cantidad bastante considerable. Al oeste de Santa Lucía, en el Guaire, de Santa Teresa a Cúa, las colinas están formadas de arcilla roja que envuelve fragmentos de cuarzo blanco que recuerdan aquellos de La Guaira; ese sistema suprayace las rocas desmenuzadas de las dos cadenas costeras que, más al Oeste, afloran cada vez más frecuentemente.

Esos jóvenes sedimentos, hasta donde pude observar, no cubren el piedemonte norte de la cadena costera interior, sino más bien el piedemonte sur de la cadena septentrional; capas análogas, como lo dije en la página 8 fueron observadas en el pie norte de esta última cadena hasta cerca de 20 metros de altura. Esos hechos demuestran que un último y débil levantamiento de esta región afectó la cadena exterior más que la interior.

El pie sur de esa parte de la cadena interior, a partir de 66° 40' al Oeste, no pasa inmediatamente a las llanuras del Orinoco, a los llanos, sino que se nivela sucesivamente por medio de varias cadenas paralelas que se hacen cada vez más bajas hacia el Sur y de las cuales la más meridional, la más baja también, es llamada Galera. Toda esa región, hasta los llanos, está constituida por los diferentes estratos, la mayoría fuertemente levantados, del Cretáceo; el Cretáceo superior está allí muy bien representado; bajo sus calizas y sus margas, la mayoría de débil espesor, afloran aquí y allí las calizas azul oscuro con amonitas del Cretáceo inferior. Acá y allá en la región occidental atraviesan algunas rocas plutónicas bajo las capas cretáceas.

Al Sur del lago de Valencia, en Villa de Cura, se observa la transición de las rocas metamórficas del macizo costero interior a las del Cretáceo superior. Sobre las diabasas serpentiniiformes, sobre los esquistos pizarrosos con mica y clorita, sobre las calizas y cuarcitas sin fósiles vienen aquí esquistos arcillosos, calizas, arenosas o margosas, que contienen en parte fósiles observados en el Unare y en la región de [p. 13] Cumaná. Los esquistos arcillosos y margosos que predominan aquí se vuelven hacia el Sur cada vez más cuarcíferos y más arenosos y en la baja cadena de "Galera", la más meridional, dirigida del Este al Oeste y limitando la llanura de Calabozo, esas rocas están casi enteramente remplazadas por cuarcitas. En el medio de ese territorio, es en los morros de San Juan y

de San Sebastián, dirigidos WSW – ENE donde la caliza aflora con la mayor potencia. Consiste parcialmente en estratos potentes de una roca compacta, gris-azul claro, en la mayoría de los casos pobre en fósiles y que contiene aquí y allí grandes cavidades; alterna en la parte superior con otras capas formadas casi enteramente de conchas de ostráceas, de hippurites, de turritellas, de politalamías, etc., así como con esquistos margosos y arcillosos y con bancos de conglomerados. En el paso situado entre los dos morros más elevados, que se compone de esquistos margosos de color amarillo descompuesto hice una abundante recolección de esos fósiles. En cuanto al valor del ángulo de buzamiento de la caliza de los morros, que corre en promedio SE-NW, no he podido desde hace largo tiempo determinarlo definitivamente, ya que la roca está atravesada por falsas juntas, como lo está también a menudo en esta región el esquisto arcilloso del Cretáceo superior, amarillo, cuarzoso y que se desagrega en fragmentos prismáticos oblicuos. En ese paso sin embargo observé esas calizas alternando con los esquistos arcillosos y les encontré un ángulo de levantamiento de 75° - 80°, igual que el de las calizas oscuras con amonitas de Malpaso, etc. Pero indudablemente las brechas con foraminíferos y los esquistos margosos de la comarca de Los Morros buzcan con un ángulo más débil (35° - 40°). Los más inferiores de esos bancos calcáreos de San Juan son compactos, sin fósiles, atravesados por venas de calcita. Una capa de la misma roca, extensa, bastante potente, que buza 45° al SW aflora en Villa de Cura; está cubierta por esquistos margosos marrones de la misma naturaleza, que caen fácilmente en fragmentos paralelepípedicos y se descomponen fácilmente. Otros esquistos margosos de misma naturaleza, aunque más arenosos, forman en San Juan la roca predominante y alternan aquí con una arcilla la mayoría de las veces azulosa y compuesta de fragmentos amigdaloides con ruptura concoide. Esa arcilla aparece también en la división oriental de esa cadena en Uchire, Panapo, Cúpira, la mayor parte del tiempo bastante potente, y aflora igualmente en el macizo de Cumaná, en la Loma de la Virgen. La marga arcillosa pasa a veces a una caliza que en este caso está intercalada con las rocas arcillosas en capas de 0.5 a 2 decímetros y a menudo contiene politalamías en gran abundancia (de San

Juan a Ortiz). En Ortiz observé también una turritella. Entre las capas de margas arcillosas arenosas se encuentran a veces bancos de conglomerados y de brechas; los núcleos arcillosos al estar separados, aislados por los elementos de la marga arenosa, o la arena, al aumentar de cantidad, contienen bloques de esquisto cuarzoso y pizarroso; aquí también se encuentran turritellas (San Juan) y con mucha frecuencia politalamías, que son característicos de todo ese sistema y que en Parapara aparecen igualmente en una capa de arena. Las brechas y conglomerados se componen en parte de fragmentos bastante considerables de cuarcitas (San Sebastián), en parte de restos de esquistos arcillosos y, según parece, de bloques del Cretáceo inferior (Parapara) que están cementados por una arena gris arcillosa en la cual solo encontré, a propósito de petrificaciones, politalamías.

Bajo las calizas, arcillas y conglomerados de los morros de San Juan afloran hacia el Este, en el lecho del Guárico, rocas diabásicas, cloríticas o cuarzosas y conglomerados; en general, por el lado del Sur y del Oeste, en el Cerro Azul, La Platilla, Flores, etc., las rocas son más firmes aunque estratificadas de la misma manera que cerca de San Juan. En San Francisco, al Sur de San Juan de los Morros, se intercalan capas con aspecto de jaspe. A dos leguas al Este de ese sitio observé calizas con foraminíferos y terebrátulas. La más inferior de las capas sedimentarias observadas por mí es un esquisto arcilloso negro, silíceo, cuyos fragmentos se encuentran en las pudingas. Igualmente la cuarcita amarillenta de las rocas de la Galera, que corre WSW – ENE, está dividida en capas de 1 – 1.5 decímetros de potencia que frecuentemente alternan con arcillas de débil espesor, en las cuales se puede muy bien observar que cada una de esas capas se debe al desecamiento de un lodo con politalamías, que durante ese desecamiento se resquebrajó en fragmentos angulosos irregulares; cristales de cuarzo se depositaron en las caras verticales de esos fragmentos, precipitados del agua que rellenaba las fisuras y que contenía en suspensión las sustancias arrastradas. En las fisuras que atraviesan con frecuencia las calizas la superficie de la roca está a menudo cubierta de cristales de calcita entre los cuales aparecen ordinariamente cristales de cuarzo acostados sobre las caras

del prisma. Una asociación análoga de esas dos especies se encuentra también en las cavidades de los moldes de amonitas. Sobre los esquistos arcillosos vi improntas en relieve o en molde que evocaban las huellas bien conocidas de *Chirotherium*. En Parapara la superficie de los bancos calcáreos inferiores a las arcillas toma una textura cristalina prismática, análoga a los pseudo cristales de sal gema, aquí divididos en prismas verticales cuyos intersticios están rellenos de calcita amorfa; observé una estructura similar en Vélez, al norte de Bogotá, en la superficie de las calizas inferiores a la arcillas.

En los valles afloran capas horizontales, a menudo muy potentes, de arcilla, de marga y de [p. 14] bloques; estos consisten en fragmentos de capas situadas en las vecindades, sobre todo de cuarcitas, más raramente de calizas o de variedades duras de conglomerados arenosos; al sur de Parapara se componen de arenisca roja de la Galera o de una arenisca abigarrada cementada con pequeños fragmentos de caliza y los lomos de cuyas capas afloran frecuentemente al pie meridional de la Galera en los Llanos de Calabozo, donde alternan con potentes capas de marga. En San Juan se han encontrado en esas margas esqueletos de *Megatherium*.

Esa Galera desciende hacia el Sur hasta las vastas llanuras que, interrumpidas solamente por algunas alturas aisladas de poca importancia, se extienden hasta el Orinoco y llevan frecuentemente el nombre de Llanuras de Calabozo, de acuerdo con el nombre de la ciudad situada en medio de ellas, en 9° de latitud Norte. Las llanuras que yacen al sur y al este de esa ciudad, que sin embargo no visité personalmente, deben, según me han comunicado sobre ellas, ser similares a las de Barcelona y Cumaná de las cuales hablé más arriba, mientras que al Norte y al Oeste, por el lado del Macizo de Mérida y de los Andes (con excepción del Apure inferior y del Arauca), la potencia de las capas horizontales del terreno de aluvión (*Alluvium* y *Diluvium*) disminuye cada vez más; las rocas estratificadas, en general débilmente levantadas contra el Sur, afloran bajo las margas deleznable, las arenas y los guijarros, y forman mesas y bancos que se levantan ligeramente por debajo de la superficie general del aluvión, con pendientes muy suaves por el lado del Oeste y del Este. Esas rocas sólidas de los Llanos son princi-

palmente areniscas más o menos gruesas que alternan con margas y esquistos arcillosos, más raramente con rocas calcáreas. Esas areniscas, o son bastante delezna- bles, blancas, cuarzosas, color de óxidos en la superficie y sin fósiles, o son grises, calcáreas, en transición a veces a capas de caliza que llegan hasta 1 metro de espesor; es- tán entonces divididas en bloques laminares (quebrada del Coco cerca del río Tiznados al oeste de Calabozo) y contienen aquí y allí como arcillas, huellas de vegeta- les: hojas de dicotiledóneas, gramíneas y helechos, más raramente conchas de agua dulce. Observé algunas de estas últimas en una arcilla esquistosa que, al sur de Pao (en la quebrada del Potrero), cubre el pie de la Galera, luego en un esquisto arcilloso que, en la Mesa de Huizes, al norte de la pequeña ciudad de Baúl, acompaña a una arenisca muy desmoronada, rojiza, cuarzosa, que buza cerca de 5° al NNO. Esas capas, la mayoría cuarzosas, poco inclinadas, raramente fosilíferas y sobre las cuales reposa el Diluvium, deben ser atribuidas, me parece, al período Terciario.

Fuera de algunas colinas y rosarios de colinas del límite sur de la cuenca del Unare, que yo no visité, la elevación más importante de la parte sur de esos Llanos de Venezuela es un grupo de colinas poco con- siderable que se extiende de la confluencia del Codejes y del Tinaco al Este, hasta el río Chirgua, y cuyos pun- tos culminantes pueden llegar a 800 metros. Cuando uno se acerca desde el Norte o desde el Este, se alcan- zan sus primeras estribaciones al Este en San Bartolo sobre el Chirgua, 68° de longitud Oeste, al Norte en el punto de separación del torrente Pao en dos brazos; son colinas bajas que interrumpen la vasta llanura. A alguna distancia de allí creí encontrar la arenisca roja de Cumaná; en las cercanías se observa la roca granítica que amontonada aquí en grandes bloques, forma esas colinas, probablemente como resultado de la descomposición de macizos de granito*. Además de

esas colinas de granito se encuentran otras formadas por capas de sienita y otras rocas plutónicas análogas, en las cuales el granito alterna en parte. Ellas se levantan sobre la llanura horizontal en una extensión de 200 kilómetros, del Sur al Norte. El flanco de esos macizos plutónicos no está cubierto de aluviones; no se encuentran tampoco sus restos en la llanura alrededor. Al Oeste el granito macizo se hace más raro, al contrario las capas plutónicas estra- tificadas aumentan en importancia y forman en parte las pequeñas cadenas más elevadas, continuas. El ángulo de buzamiento de esas capas llega en promedio a 45°, su rumbo parece ser lo más frecuentemente WSW – ENE; sin embargo difiere en los diferentes grupos.

Casi regularmente el granito está coloreado de rojo debido al tinte del feldespato; raramente es blanco. Ade- más de la mica negra, contiene la mayor parte del tiempo anfíbol; en algunas colinas la roca es finamente granular. En el granito macizo los cristales de feldespato llegan a veces a un decímetro de longitud; se encuentran siempre bloques atravesados por capas de 5 – 12 centímetros de una arenisca que envuelve mica y [p. 15] anfíbol, a me- nudo también pequeños cristales de feldespato; sucede sobre todo en la vecindad de la superficie de las capas, si no es en toda la masa. Algunas capas son también una mezcla íntima de granos de cuarzo y de pequeños cristales de feldespato; otros solo consisten en feldespa- to en pequeños granos intercalados con anfíbol y mica. En Caño de Aceite el granito macizo, que forma aquí un domo redondeado, levantándose por encima de la lla- nura, está cubierto por un lado de esquistos arcillosos micáceos, cuarcitas y otras capas arriba mencionadas, buzando 80°. Algunas millas al Este de ese cañón, en San Juan, en la cercanía de Pao Viejo, observé una asociación análoga de ese granito sienítico con capas de rocas estra- tificadas; está incluso en parte cubierto por una cuarcita, una arenisca gruesa con concreciones, blanco al romper- se, amarillo al exterior. Esa cuarcita está aquí muy propa-

*Esas colinas agrietadas de granito, en cuyas rocas se encuentran be- llos cristales de feldespato de color rosado claro de muy gran tamaño, me dan la idea de ser las cimas de algún macizo cubierto por las capas sedimentarias de los Llanos, quizás una ramificación septentrional del macizo de la Guayana. Humboldt vio granito rojo en la desembocadura del Apure en el Orinoco y también en la Sierra de Baraguán (67° de lon- gitud occidental, 6 – 8° de latitud norte). Schomburg encontró granito y

neis con feldespato rojo en el Esequibo, cerca de las estaciones de Ampa y de Rupp a los 6° 28' 47" de latitud norte y 4° 12' de latitud norte. Re- cuerdo solamente haber observado granito rojo en el macizo volcánico del Azufra y del Chimborazo, en estado de inclusiones en la andesita y en forma de bloques. Wolf lo encontró en la parte sur del Ecuador.

gada* y alterna con un esquisto arcilloso azul o rojizo, y con una brecha finamente granular compuesta de fragmentos de cuarzo y de esquisto arcilloso abigarrado. No hay ninguna caliza aquí; en cambio se encuentran capas cloritosas, serpentinosas. En la vecindad del río Cojedes la secuencia superior del complejo que aflora, buzando en general 45° - 55° al SE o al NW es un esquisto arcilloso azul o marrón casi no metamorfoseado, o brechas de ese esquisto. Estas reposan sobre un esquisto arcilloso cuarzoso casi convertido en jaspe, cuyo substrato es una arenisca verde, un esquisto arcilloso silícífero con granos de olivino y esa misma brecha, finamente granular, que se ha tornado aquí cristalina – porfiroide. Esta roca, que pasa en parte casi a un porfiroide, alterna aquí con masas feldespáticas o anfibólicas con granos excesivamente finos y que contienen cristales de feldespato de tamaño bastante grande, amarillos o rojizos.

En ninguna parte en esa Galera del Baúl encontré restos orgánicos que hubiesen podido informarme sobre la edad de esas rocas; la brecha de grano fino es sin embargo por su textura y sus condiciones de yacimiento, tan similar a aquella de politalamías de Pao, de San Francisco y de Parapara, que uno está tentado de suponer que las dos son de la misma edad y que esta roca, bajo la influencia de las masas y de las fuerzas tectónicas que han ocasionado el levantamiento, ha dado origen a los pórfidos y a las sienitas. La dirección general de las rocas estratificadas, WSW – ENE en las colinas que corren de Norte a Sur en la parte oriental de la Galera del Baúl, parece demostrar que su levantamiento pertenece a la época cretácea, que por lo tanto sería contemporáneo de aquel del territorio de San Juan de los Morros, Ortiz, Paraparas, etc.

Ni en esas alturas graníticas del Baúl ni en las vastas montañas cristalinas de la Guayana se encontraron hasta ahora fósiles que hubiesen podido aportar cualquier dato concerniente a su edad geológica. Las descripciones de Humboldt, de Schomburgk y de Codazzi concuerdan en

considerar todo el territorio al Sur y al Este del Orinoco hasta cerca del Ecuador como compuesto de grupos y de series de colinas o montañas de granito micáceo, sobre las cuales están apoyadas capas de sienita y de rocas metamórficas. Los miembros superiores de ese complejo plutónico están, según R. Schomburgk, cubiertos de arenisca y de conglomerado.

Esas areniscas y conglomerados rojos y abigarrados forman según ese autor el límite de las cuencas del Orinoco por una parte, por otra del Esequibo y de los afluentes del río Branco que desemboca en el río Negro y el río de las Amazonas. Schomburgk siguió esas montañas de areniscas de Cuyuní (7° de latitud norte, 60° de longitud oeste) al Sur por encima de los montes de Roraima y de Humírida, luego al Oeste por el macizo de Pacaraima hasta el Maraguaca (4° de latitud norte, 66° de longitud oeste) y en el Duida Humboldt encontró formados de granito esos dos macizos (Voyages, tomo VIII, 144). Como cimas principales situadas en las extremidades orientales y occidentales de esas cadenas, Codazzi determinó el Roraima (2400 metros) y el Maracagua (2508 metros), vecino del Duida por el lado del Noreste. Por las cuencas del Catinga y del Tucuta esta formación de areniscas llega por el Sur hasta el Brasil; un estudio profundo de las Guayanas mostrará sin duda que se extiende mucho más lejos.

En el Esequibo Schomburgk observó también basalto, en el macizo de Ouroporari, en los 4° 40' de latitud norte. Attwood observó así mismo diques de esta roca en las cercanías del Orinoco en Uputa cerca de Caroni entre Puerto de Las Tablas y Caratal; esos diques atraviesan aquí y allí las masas diabásicas cruzadas por venas cuarzosas auríferas, así como los granitos, neises y esquistos azóicos, que son las rocas predominantes de la comarca.

Schomburgk encontró en el macizo de Humírida, alternando con areniscas rojas o abigarradas, niveles de jaspe; aquí como en los montes de Cunucu (Cursata) en Catinga Tucuta, etc. se observan frecuentemente bloques de jaspe o de calcedonia. Todo aquello recuerda vivamente las areniscas terciarias de las llanuras de Calabozo y de [p. 16] Coro, así como los grupos de colinas graníticas de Baúl. Schomburgk también encontró las areniscas de las llanuras bajas cubiertas por arcillas brunas, amarillas

*La Mesa de Calabozo está formada por un conglomerado cementado por una arcilla cuarzosa y compuesto de fragmentos redondeados, del grosor de un puño, de un cuarzo blanco compacto; una pudinga compone, como dije arriba, las alturas de los Llanos de Barcelona situadas al Este de esa mesa.

o abigarradas, arenosas, en las cuales yacen, dispersos, fragmentos de cuarzo y cristales de cuarzo libres; exactamente las mismas circunstancias que yo observé al norte del Orinoco en el territorio terciario. Los montes graníticos de la Guayana parecen, según las comunicaciones de Humboldt y de Schomburgk, estar ahuecados en las más diversas direcciones y divididos en la superficie en bloques gigantescos, tal como lo observé en las colinas de la Galera del Baúl (p. 14). Esos granitos tuvieron probablemente que sufrir diferentes levantamientos y las areniscas rojas, micáceas en los montes de Humirida, podrían también ser de la misma edad que las areniscas de naturaleza análoga que componen las mesas de las llanuras de Calabozo. Debido a su color rojo Schomburgk llama esas areniscas “old reth” sin embargo me parece que esas capas, así como quizás aquellas que forman el importante distrito de areniscas del Brasil, solo salieron del mar en la época terciaria.

El territorio del Cretáceo superior limita hacia el Norte las llanuras terciarias de Venezuela y es particularmente fácil de reconocer en Ortiz y en Parapara en razón de los numerosos foraminíferos en forma de numulitas que en él se encuentran. Se extiende al Oeste por Pao, San Carlos, Altar, Sarare hasta el pie del macizo de Trujillo y de Mérida; al Este, se prolonga con el Cretáceo inferior en el Morro Unare y, después de una corta interrupción en las llanuras terciarias de Barcelona, logra luego un desarrollo considerable en el macizo de Cumaná.

Entre San Carlos y Altar el distrito de las capas de politalamías está cubierto de arenisca micácea rojiza, de esquisto arcilloso del mismo color y de rosarios o lentes de cuarcitas cuyos escombros están dispersos en toda la comarca. En la primera de esas localidades se encuentran placas donde la arcilla roja está salpicada de cristales de cuarzo aislados más o menos completamente formados.

Bajo esa arcilla con politalamías que limita por el lado del Norte los llanos del Orinoco, así como debajo de las calizas y brechas del Cretáceo superior, se observa aquí y allí, como lo he mencionado, la roca calcárea o silíceas, en pequeños bancos, del Cretáceo superior, con amonitas e inoceramos. Ella se encuentra por ejemplo en el Cerro de Flores, en Malpaso entre San Juan y Parapara, entre Pao y Orituco.

El gran ángulo con el cual buzan ordinariamente todas esas capas del Cretáceo que afloran entre la cadena litoral y los Llanos parece indicar que esas secuencias en la época del levantamiento del macizo litoral, aquí de una anchura de cerca de un grado, fueron dislocadas, levantadas y empujadas todas juntas, en la dirección de la cadena.

No encontré rocas volcánicas en el territorio del Oeste de Venezuela que acabo de reseñar; sin embargo numerosas fuentes tibias o calientes dan testimonio de una actividad de ese género; observé por ejemplo en el pie SW del macizo de Cumaná, en las vecindades de Urica, al norte de esa localidad, en Amaná, una fuente de 45° y una de 53°. – En el pie septentrional de ese macizo, entre Cumaná y Cariaco en el golfo de Cariaco, surgen varias fuentes de 34°. Al sur del lago de Unare, en los montes de Catuaro, vi una de 45°. En Calabozo encontré en la fuente de los baños de “La Misión” una temperatura de 29° (temperatura atmosférica 6 h. de la mañana 25°, 6 h. de la tarde 27.5°); otra fuente en Guardatinajas tenía 28°. En los Llanos de Orituco, en San Sebastián y en otros lugares brotan otras fuentes de las cuales no pude medir la temperatura. En San Juan de los Morros, la de otra fuente de hidrógeno sulfurado se elevaba a 36.3° (Humboldt observó 31.3°). En Onoto, al norte del lago de Tacarigua (de Valencia) se encuentra una fuente de 43.75° (Boussingault había medido 44.5°); cerca del Mariara, que no está alejado de allí, una fuente de agua pura sube a 54.5°, otra que contiene hidrógeno sulfurado a 66.25°. En el paso del macizo, entre Puerto Cabello y Valencia, sobre el lado septentrional, surge una fuente que Humboldt hizo célebre, la de Las Trincheras, en la cual encontré en mi primera visita una temperatura de 97°, algunos años más tarde de 91.25°; contenía además trazas de hidrógeno sulfurado.

Boussingault observó que las temperaturas que había medido, 64° en Mariara y 97° en Las Trincheras, sobrepasaban algunos grados las cifras de 59.3° y 90.4° dadas por Humboldt; esa observación le condujo a suponer que esas fuentes, en los temblores de tierra que se habían hecho sentir en el intervalo, habían alcanzado profundidades más considerables. Encontré sin embargo la temperatura de la fuente de Onoto más baja de lo que Boussingault indica, así como aquella de Las Trin-

cheras en una de mis mediciones; la de Mariara en cambio resultó más alta. Creo según ello que las temperaturas varían en las diferentes temporadas, bajo influencia de las aguas lluvias.

Trataremos ahora la parte occidental de Venezuela. Su cadena principal, que corre NE-SW del 69 al 73 grados, se une en el NE en Nirgua y Montalbán a la cadena litoral exterior; en el SW, en San Cristóbal y Pamplona se junta con la cadena oriental de la Nueva Granada. Ese macizo, que [p. 17] aparece como la continuación suroeste de la cadena exterior, separa la llanura baja, surcada por ríos, rica en pantanos y en lagos, que rodea el lago de Maracaibo y las estepas de Coro de los Llanos de Portuguesa y de Apure, que, cubiertos de bosques, se extienden hasta el Orinoco. Ese macizo, que corre en general del NE al SW, y se compone de varias cadenas paralelas, está interrumpido, a los 8° de latitud norte y 71° de longitud oeste, por varias aristas que corren casi directamente EW y forman el núcleo plutónico del macizo; ellas llegan en el Picacho de la Sierra Nevada de Mérida a una altura de 4581 metros y ejercen, por su levantamiento, cierta influencia sobre las rocas sedimentarias, metamorfoseándolas. Esas rocas plutónicas son, como sus vecinas neptónicas, más o menos distintamente estratificadas, y a veces alternan con ellas. La mayoría son anfibólicas: o es diorita finamente cristalizada cuyo feldespato es albita, o un neis sienítico; algunas veces se encuentra granito propiamente dicho, protogina y rocas análogas (Weisstéine), más esquistos micáceos. Hacia el Este los granitos y las sienitas, que afloran en grandes masas en los escarpes meridionales de las más altas cadenas, se hacen cada vez más raros; sin embargo se encuentran aún granitos y sienitas en San Miguel y más al Este en Chabasquén, a los 70° de longitud occidental y 8° 50' de latitud norte. En esta última localidad son capas de 2 – 3 metros de potencia de verdadero granito con bellos cristales de mica, intercaladas entre esquistos micáceos, caliza azul compacta, areniscas y esquistos arcillosos. En el valle del Tocuyo, situado a poca distancia (en La Estancia), encontré sienita. Al Oeste de La Grita no observé más rocas metamorfoseadas; solamente arriba de Pamplona reaparecen esquistos micáceos.

Esas rocas plutónicas no son todas salidas de la profundidad de la corteza terrestre, sino que algunas de ellas son provenientes del metamorfismo de rocas neptónicas ya presentes; es lo que demuestran las formas de transición que se observan a veces, de las capas sedimentarias a los esquistos cristalinos y a las masas plutónicas gruesamente cristalinas.

En la parte oriental de ese macizo, como lo he hecho observar, las rocas graníticas dan paso cada vez más a los esquistos metamórficos; estos últimos predominan además en toda esa cadena meridional; en la cadena septentrional al contrario son las rocas neptunianas. Estas últimas contienen con frecuencia fósiles, sobre todo hacia el Oeste, e igualmente en sus ramificaciones septentrionales.

En el lado sur, más escarpado, al contrario busqué preferiblemente petrificaciones, las cuales esperaba encontrar en capas que me recordaban el Cretáceo superior. En la orilla suroeste del Guanare, el macizo está formado por capas neptunianas azóicas (esquistos arcillosos, areniscas, etc.) que reposan sobre esquistos metamórficos. Los contrafuertes extremos, que están en contacto con los Llanos, están compuestos de margas, de lechos de arena o de gravas. Las llanuras de Barinas están limitadas al Norte por la Mesa de Cavacas, elevación de una altura aproximada de 100 metros de arcilla abigarrada, cubierta de bloques de una arenisca calcárea o arcillosa roja, de caliza arcillosa y de rocas metamórficas. Los ríos que provienen de los altos macizos, que atraviesan esa mesa, como el Guanare, el Tucupido y el Barinas, arrastran principalmente guijarros de rocas metamórficas. Las mismas especies de rocas componen también los contrafuertes de Barinitas al pie del Páramo de Santo Domingo.

Cuando se escala la vertiente meridional del macizo nevado de Mérida, se constata que las capas sobre las cuales reposa la Mesa de Barinitas, así como aquellas que forman las cadenas hasta Barinas la Vieja, están compuestas de alternancias de esquistos arcillosos arenosos, de cuarcitas y de arcillas esquistosas marrón con gruesos nódulos amigdaloides de ruptura concoide. El esquisto arcilloso presenta improntas que recuerdan las trazas de pasos de *Chirotherium* (ver página 13).

Encima de Barinas la Vieja, las cimas vecinas del pueblo de Santo Domingo se componen de esquistos arcillosos azul oscuro o azul claro, entre los cuales se intercalan potentes capas de una roca sienítica que pasa a veces a una verdadera sienita. El esquisto claro, enriqueciéndose aquí y allí de mica, se convierte entonces casi en un esquisto micáceo. Más arriba, cerca de Piedra, esa roca sienítica predomina cada vez más, aunque constantemente separada en capas. Los lechos de arena y de guijarros de la Mesa de Piedra están formados de escombros de rocas cristalinas, así como las hileras de colinas que rodean la cima del Páramo de Mucuchíes; esos lechos buzan 75 – 80° al NO. Cuarzitas y esquistos arcillosos afloran aún en el río cerca de Santo Domingo; las cimas vecinas se componen de rocas metamórficas.

Habiendo salido de Moroturo (10° 30' de latitud norte, 68° 40' de longitud oeste) y de Duaca, me dirigí por el lado del Sur hacia las montañas de Trujillo, creyendo encontrar en las colinas de Barquisimeto y de Quibor el terreno cretáceo que acababa de dejar en la provincia de Coro; fue sin embargo solo en los 70° de longitud occidental donde recogí pruebas ciertas de la edad geológica de esa comarca. Descubrí primero, al norte del Tocuyo cerca de la localidad de Barbacoas una roca cretácea rica en fósiles, una caliza de tal [p. 18] textura que me fue posible enviar al mejor conocedor de esa clase de animales un número suficiente de buenos ejemplares de amonitas – algunas de las cuales alcanzaban la dimensión de una rueda de carreta, y algunos bivalvos. L. de Buch confirmó enteramente mi opinión sobre la edad de esos fósiles, ya que los reconoció, como sigue, como especies que se encuentran todas en el Cretáceo inferior y medio de Saboya y del Sur de Francia, salvo la última, que es nueva; son: *Ammonites inflatus* Sow., *A. varicosus* Sow., *A. Hugardianus* d'Orb., *A. Mayorianus* d'Orb., *A. Tucujensis* Buch (quizás idéntica a *Am. Aequetorialis* Buch recogida por Degenhardt en Tausa cerca de Bogotá); además *Inoceramus plicatus* d'Orb., *Natica praelonga* Deshayes, *Cardium peregrinum* d'Orb., *Lucina plicata* – *costata* d'Orb., *Ostrea diluviana* var. *Flabellata* Goldf. Más tarde recogí en el mismo sitio *A. Leonhardianus* Krst. (Plancha II figura 5), *A. Toroanus* Krst. (Plancha IV

figura 2), *A. Mosquerae* Krst. (Plancha IV figura 4) y *A. Barbacoensis* Krst. (Plancha IV figura 5).

La caliza azul oscuro con amonitas aflora en la comarca de Barbacoas en las mismas condiciones de yacimiento que en el macizo de Cumaná cerca de Cumana-coa, Santa María etc. Los esferoides que contienen una concha en el centro se encuentran también allí; más al Oeste no los observé más, ni a los inoceramos; quizás fallé en verlos, quizás esa especie de moluscos gusta de las aguas corrientes o de los giros que parecen faltar en varias localidades donde esos esferoides no se encuentran, por ejemplo al norte de Barbacoas en Siquisique, en San Antonio de Cúcuta, en Malpaso en la comarca de San Juan de los Morros. El *Inoceramus plicatus* se encuentra en Barbacoas, así como en los montes de Cumaná, en los esquistos calcáreo-silíceos que la mayoría de las veces ocupan la secuencia inferior.

Sobre esas rocas del Cretáceo inferior reposan, en Barbacoas como en la mayoría de las otras localidades, las calizas azul claro del Cretáceo superior; las amonitas son raras en ellas, más frecuentes son las *Exogyra Bous-singaultii* d'Orb., *Enallaster Karsteni* de Loriol, etc. Todo ese complejo de capas descansa sobre un esquisto arcilloso oscuro, muy potente y muy difundido en ese macizo y, según parece, desprovisto de fósiles.

La misma sucesión se encuentra también en Santa Ana, un poco al sur de Barbacoas, donde ya Boussingault recogió la *Cucullaea dilatata* d'Orb., *Ostrea diluviana* var. *Flabellata* Goldf. y un fósil muy análogo a la *Astarte subdentata*.

Más al Oeste, la arenisca superpuesta aquí y allí a la caliza se torna más y más potente. Los esquistos calcáreos azul - negro afloran en toda la cadena septentrional, sobre todo en su vertiente norte, con fósiles del Cretáceo inferior. Con bastante frecuencia se recoge una especie de *Astarte* (subdentata?) acompañada de la *Exogyra Boussingaultii* d'Orb., y de terebrátulas (como por ejemplo en las capas superiores de Barbacoas, en Carache en la Loma de San Juan, en Agua de Obispo), de amonitas (en las calizas oscuras de Siquisique, Barbacoas, Santa Ana, San Antonio de Cúcuta, etc.) de trigonias (en Barbacoas) y otros moluscos.

Pero ese Cretáceo aflora también en el centro del macizo, en las fuentes del Portuguesa y en los valles de Chama y de Mocotíes; encontré cerca de Chabasquén (70° de longitud occidental) bloques que contenían amonitas y otros fósiles. Cerca de Mucuchíes se descubrieron en una caverna al borde de un río, y al lado de piedras trabajadas, conchas y belemnitas que sirvieron de adornos a los habitantes primitivos; esto comprueba al menos la presencia de estas últimas en las calizas con amonitas que se encuentran también en el macizo de Cumaná. Más tarde encontré también belemnitas similares, o al menos fragmentos, trabajados como ornamentos y amuletos por los indios que habitan la vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta; según sus relatos, los recogerían en el río Palomino.

Sobre ese conjunto de calizas oscuras en bancos delgados, fosilíferos como en las montañas de Cumaná, y a menudo envolviendo lentes de caliza descansa una arenisca roja en la cual recogí la *Ammonites Ospinae* Krst. (Plancha IV, figura 3); sobre esta yacen arcillas esquistosas azules y abigarradas, y bancos calcáreos azul claro, con frecuencia muy potentes, que contienen espantangos, cidarites, exogiras y otros bivalvos del Cretáceo superior (en Barbacoas), óstreas y exógiras en Santa Ana y Agua de Obispo. En Barbacoas se encuentran “torres” análogas, aunque más bajas, de esa caliza azul clara, como en San Juan de los Morros. En la cadena que corre de Barbacoas en dirección NE vi, en Moroturo, en el borde sur del Tocuyo, de esos mismos “Morros” a los cuales no pude sin embargo acercarme.

Los foraminíferos de Ortiz y de Parapara se encuentran también en la vertiente norte de los montes de Mérida (70 – 71° de longitud occidental) en Trujillo, Escuque y Betijoque; en el pie sur del “Alto de Escuque”, cerca de la Mesa de Valera afloran en las calizas conchíferas. Si de allí se sube por el río de Motatán se encuentra en El Cucharito una caliza conchífera de la misma naturaleza que contiene foraminíferos (*Orbitulina Venezuelana* Krst., Plancha VI, figura 6), que alterna con arcillas y areniscas con improntas de plantas. En Mérida, bajo un montón de bloques, que provienen de la región de las nieves, “La Mesa”, que sustentan la ciudad, afloran [p. 19] esquistos arcillosos y calizas con astartes, erizos y buli-

mias. Entre Mérida y Ejido, en la quebrada “Milio” en el Mucujún descansan sobre una caliza azul – negruzco con numerosas venas cristalinas, esquistos arcillosos, areniscas y calizas que contienen los mismos fósiles, y cubiertos por una brecha cuarzosa. En Ejido encontré erizos y exogiras. En Los Estanques, sobre el Mocotíes, calizas ricas en exogiras y en astartes alternan con arcillas rojas y están suprayacidas por una pudinga que pasa hacia arriba a una arenisca y se compone de guijarros de cuarzo y de esquistos arcillosos. De allí hacia el Oeste, incluso en el interior del macizo, esas rocas del Cretáceo superior se hacen cada vez más frecuentes. En el paso del Zumbador (72° de longitud occidental) se encuentran en “El Palmar”, a cerca de 2.000 metros de altura, restos de una caliza compacta, gris claro, con conchas y espinas de erizos.

Mientras que, en la vertiente norte de la cordillera de Caracas solo se encuentran trazas del Terciario, porque las montañas se sumergen casi en todas partes directamente en el mar, ese terreno ocupa, al Norte de los montes de Mérida, un territorio extenso; al Oeste de ese macizo penetra incluso en el interior hasta una altura considerable. En el valle del Táchira (que ya forma parte de la Nueva Granada) seguí la huella de ese terreno hasta Pamplona (72° 32' de longitud occidental), donde observé, cerca de la parte sur de la ciudad, capas terciarias muy fosilíferas. Más abajo, en Chinácota y Chopo, una caliza manchada con *Ostrea* alterna con arcillas esquistosas marrones cubiertas de areniscas y de esquistos arcillosos. Bajo ese complejo afloran en Chinácota esquistos silíceos y una caliza con astartes, cuyos restos se encuentran también en el río de Pamplona. En San Cristóbal y Lobatera la superposición del Terciario al Cretáceo es irregular: en esta última localidad afloran carbones; en Chopo una hulla (*Glanzkohle*) está intercalada en una arcilla esquistosa azul, alternando con calizas conchíferas abigarradas y una arenisca cuarzosa. En Las Lagunillas (71° 30') al oeste de Ejido, una arcilla de la misma naturaleza parece ser la roca madre del urao (sesquicarbonato de sodio), que se deposita en capa cristalina en el fondo de un lago que yace sobre esa roca.

En la parte oriental de las depresiones terciarias de la Provincia de Coro, interrumpidas aquí y allí por colinas y débiles elevaciones cretáceas, en el pie norte de la ca-

dena litoral, constaté, como acabo de decir, los depósitos terciarios y cuaternarios en forma de capas la mayoría de poca importancia y que se extienden al Este hasta La Guaira (Maiquetía). Allí, en Cabo Blanco, las rocas terciarias de guijarros, de arena y de marga, que contienen *Pecten gigas* y otras conchas, están levantadas contra el Norte. En el valle de San Esteban, cerca de la población del mismo nombre, y de cada lado del río en el lomo de las montañas aflora, yaciendo sobre las rocas metamórficas, una roca similar a la caliza cavernosa del Cretáceo superior. En Puerto Cabello, esa zona litoral terciaria y cuaternaria comienza a extenderse al Oeste y cubre una gran extensión de la Provincia de Coro. En El Palito, al oeste de Puerto Cabello sobre la vía de San Felipe sobre el Yaracuy se encuentran rocas análogas, semi vitrificadas y metamorfoseadas, como en La Guaira y Puerto Cabello; están cubiertas de esquistos arcillosos cuarzosos, de esquistos silíceos y de areniscas que recuerdan las rocas del Cretáceo superior del macizo de San Juan de los Morros; se añaden, en Urama y Faría areniscas rojas micáceas, finas o que pasan a conglomerados; estos están formados por guijarros de esquistos arcillosos o de cuarzo blanco, del grosor de una nuez.

En la Sierra de Aroa, al noroeste de la ciudad de San Felipe, predominan de nuevo las rocas metamorfoseadas; la sienita aflora una vez más, como sitio extremo de la cadena litoral de Caracas por el lado del Oeste. De aquí se extiende, al Oeste y al Norte, el territorio sedimentario de la Provincia de Coro. Las ramificaciones del Monte San Felipe, de 1170 metros de altura, están cubiertas de capas terciarias, similares a las que he descrito de Curiepe y de Capaya (ver página 12). En Guaidima, en la orilla izquierda del Tocuyo, hasta Yácura y Capadare, la caliza terciaria, a veces arcillosa a veces arenosa, aflora con una potencia considerable, alternando con arcillas margosas o cuarzosas, ferruginosas o areniscas rojas (contiene, entre otros fósiles, el *Pecten gigas* del Cabo Blanco cerca de La Guaira); hullas se les intercalan en Guaidima. En Capadare una toba calcárea oolítica, porosa, con *Pecten*, *Scalaria*, etc., reposa sobre una marga marrón, arenosa, con *Bulimus*, *Conus*, *Pecten*, etc. Al norte del Capadare (500 metros de altura) afloran en las orillas, en Curamichate e Hicacas, estratos bastante potentes de hullas que

se intercalan entre las capas terciarias de marga, yeso, arcilla calcárea y arenisca. Estas últimas son micáceas, grises, bastante deleznable y contienen, en la vecindad del lignito, improntas de dicotiledóneas y de gramíneas. En el Cerro del Piritu al pie de la rama oriental de la Sierra de San Luis, que se encuentra al sur de la ciudad de Coro, aflora una caliza porosa bastante potente, que alterna con una marga roja; ambas son ricas en fósiles terciarios de los géneros *Pecten*, *Bulla*, *Pyrula*, *Conus*, *Turbo*, *Scalaria*, *Oliva*, etc. La arista de los montes de Cumarebo, rama noreste del San Luis está, cerca de la costa, formada por potentes secuencias de la caliza cavernosa amarilla porosa u oolítica de Capadare; ella suprayace capas terciarias de margas, calizas y areniscas, todas ricas en erizos y otros fósiles [p. 20] terciarios de Piritu; ellas buzan 35° al Sur. Esas capas contienen también carbón, en el río Moturo. Una formación terciaria análoga se extiende sobre la costa de Cumarebo a Coro; en general en la parte inferior predominan las margas amarillas, en la parte superior las calizas son más potentes.

En el macizo de San Luis (1253 metros de altura) situado al Sur de la ciudad de Coro, alternan calizas, esquistos arcillosos y areniscas que buzan 20° al Sur. Una caliza dura, amarillenta o azulosa de más de 100 metros de potencia, similar a la de Cumanacoa y de Guácharo, forma su cresta culminante. Está suprayacida con estratificación concordante por calizas bien estratificadas, abigarradas amarillo y azul, con conchas terciarias. Esquistos arcillosos similares a los Mandelsteine (pórfidos amigdaloides) y areniscas alternan con la caliza en capas más o menos potentes. El pie norte, cubierto de coluviones, no me dio ninguna ocasión de observar la roca infrayacente; más al Norte, hasta Coro, afloran capas terciarias análogas pero buzando 30°S, de las cuales la superior es una arcilla que contiene cantos. Sobre estas se suceden, por el lado de la costa, capas análogas, en una sucesión similar, pero buzando al Norte con el ángulo bastante grande de 75 – 80°, dirigidas del Oeste al Este* y ricas en fósiles terciarios.

*Ese buzamiento muy fuerte de las capas, la mayoría terciarias, que se adosan al pie o yacen alrededor de los altos macizos o de las cadenas de montañas, es un hecho que he a menudo observado.

Una lengua de tierra estrecha, larga y cubierta de dunas elevadas, une ese país a la península de Paraguaná. Debajo de esas dunas afloran aquí y allí las calizas, arenas y margas terciarias que, como la mayoría de las capas que componen esa península, se levantan hacia el norte con un ángulo muy pequeño. Además de ese basamento, esa península está formada por arcillas esquistosas yesíferas, azules, rojas o abigarradas, de fácil descomposición, por areniscas micáceas blancas o rojas y por tobas calcáreas sin consistencia, ricas en conchas marinas recientes y cubiertas por conglomerados. Al excavar un pozo en La Ciénaga, al sur de Sacuragua (Pueblo Nuevo) se descubrió el esqueleto sin cráneo de un gigantesco mamífero, cuyos fémures tenían más de un metro de longitud.

Una elevación solitaria de altura de 397 metros y que corre WE, el Santa Ana, se levanta sobre esta península plana, la cual por su parte sobrepasa poco el nivel del mar; sus paredes son en su mayoría verticales. En su parte más occidental está formada por rocas plutónicas (anfíbolitas porfíroides, diabasas y gabro) y envía del Este al Oeste cortas ramificaciones, de las cuales la última consiste en capas de neis, esquisto micáceo y rocas cloritosas; al lado de estas afloran una caliza azul negruzca, cristalina, granular, areniscas grises sólidas y esquistos arcillosos, que alternan con los primeros en la parte superior y buzan 45° ENE, y más fuertemente aún en las secuencias de la cima. Se encuentran en las capas de arcilla que, alternando con estratos de arena se apoyan en este macizo, fragmentos de arenisca reciente con fósiles*.

En el brazo oriental, el más largo, de la cadena de colinas de Tausavana, no se encuentran rocas cristalinas metamórficas; esa ramificación está formada por capas de 5 a 10 centímetros de serpentina oscura, mezcla de asbesto y de esquisto silíceo negro, y cubierta por estratos calcáreos azules, de alabastro y de arcilla, atravesados por vetas de anhidrita. Ese complejo de capas me pareció ser debido a la acción de los agentes plutónicos sobre las calizas adyacentes y sobre la arcilla con venas de yeso. Esas rocas de Tausavana están desprovistas de restos orgáni-

cos; las relaciones de yacimiento de las capas inferiores recuerdan ciertas secuencias de arcilla, de arenisca y de sílice del Cretáceo inferior, por ejemplo las de Malpaso, de Siquisique y de San Cristóbal. Sin embargo, en la península de Paraguaná no identifiqué con certeza rocas cretáceas.

En Pueblo Nuevo, al norte de esas alturas, un asfalto se intercala entre estratos de arcilla y está cubierto por arenisca micácea y caliza de la época terciaria; no se encontró sin embargo nada de carbón. En Miraca (sobre la costa oriental, al oeste de Baraibé azufre en pequeños cristales y en capas delgadas aflora en una arenisca de tinte ocre; no lejos de allí surgen fuentes ligeramente hidrosulfurosas de una temperatura de 30°. Sobre la costa occidental de esa península yace bajo el nivel del mar, y cubierta de arcilla, una capa de sal gema, de gusto amargo, quizás magnesífera, que se explota en la marea baja. Además uno encuentra frecuentemente, en la península, capas de arena o de marga con numerosos fósiles terciarios, entre otros un erizo plano que recuerda el *Laganum tenuissimum* y que yo no encontré en otras localidades.

La caliza terciaria que forma también, al norte de Paraguaná, la pequeña isla de Oruba, y aflora así mismo en Curazao, pasa sucesivamente, según las investigaciones de Stelzner, a un fosfato de calcio.

El pie occidental de la Sierra de San Luis está, en Sabaneta y Agua Clara, rodeado o cubierto por capas terciarias similares, que buzan 45° y corren SW – NE. La secuencia superior se compone de [p. 21] conglomerados, de arena y de guijarros. En Agua Clara alternan a menudo capas de hulla con las arcillas fosilíferas (moldes internos de conchas) terciarias. Estas están cubiertas lo más frecuentemente por areniscas y por pudingas. Las arcillas esquistosas azules, allí donde soportan arcillas yesíferas, están tapizadas de eflorescencias de magnesia sulfatada. Al sur de Agua Clara, una fuente hidrosulfurosa de 46° brota de un sistema de capas que recuerda el Cretáceo superior de Ortiz y de Parapara; los estratos de ese sistema contienen foraminíferos; sus fisuras están también tapizadas por grandes cristales de espato y de cuarzo. En Saladilla brota una fuente de misma naturaleza, a 36°.

La región de colinas que se extiende al sur de San Luis, de la cual sin embargo no visité en ese sitio la ver-

*El mismo aspecto nos ofrece la isla rocosa y escarpada de “Roque grande” que, en el mismo grado de latitud, y al norte de La Guaira, se levanta en medio de islotes y arrecifes coralígenos.

tiende inmediata, está constituida por capas terciarias análogas a las de Agua Clara. Los conglomerados, formados por guijarros del grueso del puño, de cuarzo blanco, de caliza silíceo negra, de caliza manchada y de arenisca, afloran con una potencia bastante considerable en el terreno de Guamuco que forma parte de la Sierra Babisagete; descansan sobre una arenisca blanca y gris que está sobre una caliza conchífera moteada y arcillas. Debajo de todo ese sistema afloran potentes capas de esquisto arcilloso, que buzcan 85 – 90° y alternan con calizas con amonitas, de color gris – azul o casi negro, y dispuestas en hojuelas muy delgadas.

Esas capas cretáceas parecen predominar en las alturas que atraviesan del Este al Oeste la parte media de la provincia de Coro, cubierta a su vez por el terciario; esas capas cretáceas recuerdan mucho lo que sabemos de San Juan de los Morros, de Ortiz y de Parapara.

En las sabanas de Taratare, hasta Siquisique sobre el Tocuyo, el terciario tiene la preponderancia. En Siquisique se observa una caliza con amonitas; en el sur de esa localidad aflora frecuentemente un esquisto arcilloso azul; en las alturas de Matatere las colinas están constituidas por un esquisto calcáreo, terroso, blanco; en él se encuentra jaspe, ya sea en nódulos similares a los de sílex, ya sea en bloques más grandes, irregulares, fisurados, cavernosos, rugosos en la superficie; nódulos y bloques parecen haber sido desprendidos del esquisto calcáreo por las aguas lluvia (quizás ellos son el producto de fuentes termales terciarias?). Algunas colinas están formadas por un esquisto arcilloso no modificado, otras por una brecha de esquisto arcilloso y de caliza; esta se ha vuelto en parte espática y blanca. En algunas otras colinas que contienen capas de arenisca el metamorfismo es aún más sensible: la caliza es compacta, los esquistos arcillosos casi convertidos en jaspe, la arenisca ha tomado el aspecto de una diabasa (Grünstein).

Una formación de agua dulce quizás sincrónica, quizás más reciente, se encuentra en los alrededores de Carora. Cuando, del macizo cretáceo de Barbacoas, situado al sur de esta región y que hemos descrito más atrás se baja hacia su vertiente norte, se ven los esquistos arcillosos y las calizas cubiertos por una arenisca gruesa no muy sólida. Esas capas, en el flanco norte del macizo, están

levantadas hacia el Norte. Se atraviesan continuamente, hasta la llanura, los bordes de las capas alternantes de una caliza compacta azul o amarilla manchada y una arenisca rojiza; la primera parece estar aquí sin fósiles y recuerda las calizas más recientes del Cretáceo superior de Cumaná y Barcelona. En la llanura, donde esquistos arcillosos vienen a añadirse a esas rocas, las capas buzcan a menudo 80° y más aún, mientras que las calizas cretáceas a la altura de Barbacoas buzcan no más de 40 – 50°, y algunas veces están incluso horizontales.

Cerca de Carora esas rocas ya no están expuestas a la luz, están allí cubiertas por una arcilla fina, grasa, que, en capa horizontal a menudo de cerca de 10 metros de potencia, ocupa un gran espacio en el valle de Cadiche en Arenales, donde surge una fuente termal sulfurosa, entre las alturas de los alrededores. En esa arcilla se encuentran moluscos terrestres al igual que especies de agua dulce, lo³ más frecuentemente cristales de yeso en ciertos sitios en forma de hemitropes de dos o tres cristales, luego de cuarzo bien cristalizado; estos últimos, al igual que los de yeso contienen a veces hojuelas de arcilla e incluso una vez, según dijo una persona fidedigna, se encontró en un cristal una hoja verde de Cuji (Inga cinerea).*

Aún ahora el agua de los ríos y quebradas que atraviesan esa llanura es extraordinariamente rica en sílice y las maderas que allí yacen por largo tiempo (sobre todo los de guayacán y algarrobo) quedan al final totalmente silicificadas. Los mismos fenómenos se observan en Maracaibo. Todos esos hechos nos harían suponer que esa llanura con las inclusiones orgánicas y cristalinas de los terrenos que la componen fue en tiempos pasados el fondo de un lago y que este, probablemente al levantarse el macizo de Coro, recogió los restos del agua de mar así como aquella de los torrentes que durante la temporada de las lluvias bajaban de las montañas, [p. 22] antes que el Tocuyo, aguas abajo de Siquisique, cerca de El Salto, hubiese despejado una abertura suficientemente grande. Hay que observar que esa llanura está bordeada al Norte por la mesa terciaria de Carora, por un lado, al NE, a

³NdT. Error de lenguaje ó, más probablemente, faltaría una o varias líneas.

*Bornemann observó inclusiones de madera en cristales de cuarzo (Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellschaft 1861, p. 675 pl. XVI).

pocas horas de allí cerca de Siquisique se adosa a un brazo dirigido Sur – Norte del macizo meridional Cretáceo superior. La suerte a la cual está condenada esa llanura está descrita en la página 11. La mesa de Carora, situada al sur del río de Baragua está constituida por capas terciarias poco sólidas, cuyas areniscas micáceas, que yacen debajo de una capa de lignito, contienen ámbar amarillo a menudo en fragmentos de bello tamaño que encierran hormigas y diversos dípteros. Los esquistos arcillosos que cubren esos lignitos son, como todos aquellos de esas regiones de carbones terciarios, fáciles de desmenuzarse, más bien arcillas esquistosas que esquistos arcillosos; a menudo es una marga roja, azul o abigarrada, rica en las sales más diversas: yeso, sal gema, glauberita, epsomita, alunita, soda carbonatada, etc. Esas capas alternan con arcillas ferruginosas y aquí, además, con una caliza conchífera; esta es muy rica en conchas o moldes de las especies marinas recientes más diversas, y contiene además osamentas de un mamífero gigantesco.

Entre Escuque y Betijoque, en el borde sureste del golfo de Maracaibo, en una comarca muy pantanosa, brota petróleo, en ciertos sitios en gran abundancia, de una arenisca micácea blanda, deleznable, que cubre carbones y arcillas esquistosas.

La comarca plana y cubierta de bosques del lago de Maracaibo no ofrece al geólogo ningún suelo favorable a la observación. En la salida norte del lago en el golfo de Maracaibo aflora la caliza del Cretáceo superior que forma varias islas o arrecifes bajos. En la noroeste del lago se asienta la ciudad de Maracaibo, sobre un suelo apenas surgido del mar, que se extiende sobre una extensa llanura hasta las primeras montañas, a una distancia de 20 millas aproximadamente, en la vecindad de las cuales forma algunas colinas de poca elevación. Ese suelo está constituido por capas potentes de una arenisca muy deleznable más o menos gruesa, que alternan con margas y buzanas con un ángulo muy agudo. En esa marga arenosa se encuentran grandes cantidades de madera petrificada; el agua que la embebe tiene la propiedad de litificar muy prontamente la madera fresca, como lo vimos en el suelo de Carora (página 21). Al pie de las montañas de Perijá, constituidas por el Cretáceo, una arenisca amarilla, deleznable, de poca potencia, contiene fósiles mari-

nos de especies relativamente recientes; descansa sobre una arcilla esquistosa azul, yesífera, y sobre una marga arenosa; buza al SE 15° y está cubierta por unos 5 metros de guijarros cuarzosos que provienen de las calizas cretáceas envueltos en una marga arenosa. Las partes de ese macizo que visité, en Tintini, al Oeste de Perijá (10° 8' de latitud norte, 72° 35' de longitud occidental) están constituidas preferentemente por una caliza compacta azul clara, con amonitas y terebrátulas, que alterna con un esquistoso arcilloso oscuro de débil potencia; todo buza 80°, contiene capas de asfalto de más de un metro de espesor. Esa sustancia es dura en la superficie, sobre todo durante la noche; durante el día, cuando está expuesta al sol, se ablanda y en algunos sitios fluye, mezclada con agua, bajo las rocas más duras. Son probablemente las mismas condiciones las que hacen brotar el petróleo en Escuque y Betijoque (ver abajo).

En la costa norte de la **Nueva Granada**, al oeste de la Cordillera de Ocaña y de Bogotá, cuya extremidad se termina en la península de la Goajira, separados uno del otro por la llanura de la desembocadura del Magdalena, están dos sistemas de montañas de altura y de constitución mineralógica muy diferentes y cada uno de los cuales corre del Oeste al Este.

El macizo de Santa Marta, que a la derecha levanta su cima congelada hasta la altura de 7926 metros, está formado por rocas cristalinas macizas, así como el de Mérida que, cubierto de nieve en las cimas, corre en dirección paralela. Al igual que los Montes de Caracas, la Sierra Nevada de Santa Marta hunde su pie septentrional inmediatamente en el mar. El núcleo de ese macizo está constituido, como lo he dicho, por rocas plutónicas de dirección WSW – ONO⁴, sobre las cuales se apoyan al Este y al Sur, capas cretáceas (que se encuentran también probablemente en el Norte, en Palomino), parcialmente metamorfoseadas. En el pie meridional del macizo uno creería observar transiciones sucesivas a las rocas cretáceas, que constituyen la vertiente vecina de la extremidad septentrional de las Cordilleras Orientales.

En los alrededores de la ciudad de Santa Marta (11° 16' de latitud norte, 74° 12' de longitud occidental) se

⁴NdT. Debería tratarse de WSW-ENE.

encuentran rocas plutónicas o metamorfoseadas, dispuestas en capas; por ejemplo un granito anfibólico en bancos de 0.3 metros de potencia, cuarcitas con clorita o con hornblenda (anfíbol). En las zonas superiores predomina una sienita de granos finos, cuyos bancos están a menudo separados por lechos de cuarcitas micáceas, de esquistos cloritosos o anfibólicos que, aquí y allí pasan a las rocas graníticas o granitoides mencionadas más arriba; esa sienita contiene también fragmentos de esquistos anfibólicos (como en Las Trincheras, entre Puerto Cabello y Valencia, página 7). Observé hechos análogos sobre la vertiente occidental hasta el río Sevilla; allí donde el esquistos arcilloso está en contacto con cuarcitas o está atravesado por venas de esa roca, se encuentran en la superficie bancos de feldespato (albita) y de clorita verde; esta existe también en [p. 23] granos en los cristales de albita. No observé capas fosilíferas. En la desembocadura del Guaire cerca de Santa Marta se encuentran colinas compuestas de granito de grano fino, cuyos bancos están separados por capas de esquistos anfibólicos cuarzosos; en la orilla inmediata del mar otra colina está constituida por capas casi verticales de esquistos arcillosos verdosos, de cuarcita blanca micácea y de arenisca micácea y negra. Todo ese sistema corre WSW – ENE y está atravesado por una cuña vertical que se ensancha abajo y tiene la punta dirigida hacia arriba, formada por granito macizo que aflora cerca de allí; ese granito contiene inclusiones de la arenisca micácea de la cual ha en algunos lugares corrido las capas. Parecería que ese granito haya hecho erupción, haya surgido de la profundidad en estado líquido, incandescente o semi fundido; que haya levantado, corrido, desmembrado las capas suprayacentes, haya incrustado parcialmente fragmentos de ellas y, durante su enfriamiento, haya ocasionado combinaciones químicas y formaciones secundarias de minerales.

Una de las cimas del macizo, que yo escalé por el lado norte hasta el límite de las nieves, arriba de Dibulla y al oeste de los pueblos indígenas de San Antonio y de San Miguel, situados a gran altura, se compone de capas de rocas granito – sieníticas y de esquistos cristalinos. En la vertiente sureste encontré igualmente rocas análogas a las de Santa Marta. En Tomarazón (Treinta), al suroeste de Riohacha (11° 34' de latitud norte, 72° 55' de longitud

occidental) observé, al pie del macizo, un granito (protogina) de color claro, de grano fino, que se descompone fácilmente, que alterna con una cuarcita roja y sienita de color oscuro. Entre esas capas casi verticales, vi una, de 0.5 metros de potencia, de una roca negra basáltica (?), que llega apenas a la altura de los bordes de las capas que forman aquí la superficie del suelo. En cuanto a otras rocas volcánicas, que puedan servir de testigos de una erupción de esta Sierra Nevada que debió haber ocurrido en el año 1565, no observé ninguna. Tampoco pude determinar de una manera más precisa la naturaleza de la roca volcánica de la que se hizo mención arriba, pues viajaba en compañía de criollos, que temían a los salvajes indios goajiros de la vecindad.

Es hasta Tomarazón donde se prolongan los depósitos terciarios del Este: areniscas rojizas y abigarradas, arcillas atravesadas y separadas por cuarcitas de cerca de 1 metro de potencia. Descansan sobre las capas cretáceas que constituyen las bajas colinas situadas al Este de Barrancas y de La Chorrera. Esa secuencia con amonitas e inoceramos, que aflora al pie noreste del macizo de Perijá, poco alejado de allí, está cubierta de calizas y de arcillas con erizos y con grifeas. En el Potrero de Venancio sobre la altura de la colina entre Tomarazón y Barrancas, capas del mismo aspecto, del Cretáceo superior, están buzando al SE, con un ángulo muy fuerte, e incluso algunas veces son casi verticales. Sobre esas capas descansan margas rojo – amarillento, la mayoría arenosas, areniscas rojizas deleznales muy extensas, arcillas con sal gema y yeso, que contienen aquí y allí algunos mantos de carbón y conchas terciarias. Esas capas cubren el país de colinas y las vastas llanuras, hasta el mar cerca de Riohacha, se extienden sin ninguna duda a través de la llanura de la península de la Goajira hasta Maracaibo donde las observé como lo dije antes, así como en la mitad occidental de la provincia de Coro.

En la vecindad del mar se encuentran aquí y allí capas de arena y de marga que llegan a una altura de 10 metros y contienen conchas del período más reciente: *Lucina pennsylvanica* Lam., *Venus cancellata* L., *Arca Noae* L., *Strombus gigas* L. etc.; las condiciones de yacimiento recuerdan aquellas de la costa de Venezuela, por ejemplo en Maracaibo, La Guaira, Cumaná, etc.

Seguí esa serie terciaria, al pie oriental de la Sierra Nevada, por el valle de Upar hasta el Magdalena y de allí aguas arriba hasta el pie occidental de los montes de Ocaña, tanto en mi viaje por tierra aguas arriba como al bajar más tarde el valle en barco; en esta última expedición observé a menudo en las orillas esas capas de arena y de marga sin consistencia, que yo tomaba como terciario; ellas buzaban con ángulos diversos y estaban cubiertas de aluvión.

En oposición a ese macizo plutónico, las cadenas bajas que, hasta Cartagena (10° 25' de latitud norte, 75° 35' de longitud occidental), limitan la costa del Mar Caribe, están constituidas enteramente por los más recientes depósitos terciarios y cuaternarios. Capas de caliza de hasta 2 metros de potencia, formadas por acumulaciones de corales y de conchas, alternan con arenas y margas, en las cuales yacen los bancos y estratos de una caliza compacta arcillosa; aquí, al igual que en Cumaná, Panamá y Bogotá, contienen, cosa sorprendente, mercurio metálico. El Cretáceo solo parece dejarse ver más al Sur. La costa del mar está constituida por los aluviones más recientes, así como por bancos de ostras, estratos de conchas o de corales.

Cerca de Turbaco, al sur de Cartagena, y en diferentes localidades (Los Volcancitos, Cañaverales, Bajo de Miranda, etc.) a una altura de 300 – 400 metros por encima del mar, todo ese sistema está atravesado por exhalaciones de gas, acompañadas por débiles fuentes de agua. Estas a veces están aisladas, a veces, como las [p. 24] fuentes bien conocidas de Turbaco, están reunidas en mayor número. En sus canales, la arcilla reblandecida por el agua se convierte, por la acción del hervir constante del gas, en un lodo que hace ligeramente erupción en la superficie del suelo y forma así un cinturón de una o varias pulgadas de altura. En la época de lluvia esas fuentes tienen un fuerte caudal; el agua es expulsada de ellas por todos los lados, con el lodo arcilloso, por la erupción gaseosa que se libera violentamente; el borde de los pequeños cráteres es entonces poco a poco desprendido y arrastrado lejos; la mayoría de las veces sin embargo el agua corre por pequeñas cárcavas en el limo endurecido que se ha depositado; así la elevación formada por las fuentes de Turbaco, reunidas en un espacio de 100m^{2[5]} metros

solo logra una débil altura por encima de la llanura de los alrededores; la elevación formada por las fuentes que se encuentran en el bosque es totalmente insignificante.

Esa agitación del lodo arcilloso, análoga a la del agua hirviendo, y causada por la liberación de las burbujas de gas, así como esa débil elevación de las bocas de las fuentes sobre el nivel general de la llanura, todo aquello es probablemente la razón de ser de los nombres de “Volcanes”, “Volcancitos” que les han dado, denominaciones que incluso viajeros naturalistas han adoptado y traducido, aunque el carácter volcánico principal, la elevación de temperatura, no ocurre en esas fuentes. El lodo expulsado no es amarillo como la marga del suelo de donde surgen las fuentes, sino de un gris azul, probablemente porque está mezclado con desechos de capas más profundas, o modificado por las materias líquidas que surgen de la profundidad.

El lodo de esas fuentes tenía en septiembre, en la sombra del bosque, una temperatura de 27° 5 (la misma temperatura que los pozos de 15 metros de profundidad, de Cartagena y que las fuentes de Barranquilla en la desembocadura del Magdalena); la de los “Volcanes” de Turbaco expuestos al sol tenía a medio día 29° 5' C. El sabor del agua era muy salino, y una solución de nitrato de plata provocaba en ella un fuerte precipitado blanco. El tenor en sal gema que esa reacción revela es probablemente la razón por la cual ninguna planta sea cual sea crece sobre el limo que cubre la comarca; al contrario, ese limo parece matar las plantas que crecen en sus orillas. Como el gas, el agua tampoco deja reconocer el hidrógeno sulfurado; ella tiene incluso un olor pasablemente puro, no empireumático. El gas de la fuente de Turbaco, que analicé en Cartagena, se compone casi únicamente de una mezcla de aire atmosférico y de hidrógeno carbonatado; trazas solamente de ácido carbónico. El tenor en gas hidrógeno carbonatado es diferente en las diferentes fuentes; no lo determiné sin embargo, cuantitativamente de una manera precisa.

Otras fuentes de gas similares a las del sur de Cartagena se encuentran al oriente de esa ciudad, en la vecindad de la costa, en Guayepo, Boca de Manzanapo, Totumo, Salina de Zamba, en la isla de Cascajal, etc.; todas tienen un agua salada y la mezcla de gas es cualitativa-

⁵NdT. En el texto de Karsten aparece un rectángulo después de 100 m. Sin duda indica metros cuadrados.

mente la misma. La fuente de Totumo surge de un suelo arenoso; su desembocadura está por lo tanto cerrada con arena, ya que el gas no expulsa el limo.

Otra fuente de igual naturaleza, que sale de una capa de arcilla, se encontraba tiempos atrás sobre la mesa de una colina que formaba una lengua de tierra, la Galera de Zamba; era el célebre “Volcán de Zamba”, que aterró a la población con la inflamación varias veces repetida de los gases que se desprendían y que, en fin de cuentas, después de su última erupción, en 1848, desapareció bajo el mar con gran parte de la península.

Ese incendio, o esa erupción que, según decires de los habitantes de la costa, había sido precedida por otras (por ejemplo en 1820), comenzó en octubre después de una sequía excesivamente larga, durante la noche, al inicio de la temporada de lluvias; sin duda, como consecuencia de la tensión eléctrica extraordinariamente elevada de la atmósfera el gas de hidrógeno carbonatado se encendió mientras que el agua de la fuente había dejado de brotar por causa de esa sequía, pues el gas ardió sin interrupción durante 11 días, iluminando toda la comarca hasta una distancia de 20 millas y expulsando masas de limo incandescentes que caían a lo lejos en el mar o sobre la costa vecina, donde me las mostraron aún 4 años más tarde, en la salina de Zamba, en estado de bolas de arcilla de 0.5 metros de diámetro.

Desde ese incendio (que seguramente sucedería también a los otros volcancitos, si estos, en condiciones iguales por demás emitiesen una cantidad de gas inflamable durante una sequía similar) desde entonces, digo, según los habitantes, esa parte de la península comenzó a hundirse y desapareció al fin totalmente, al cabo de 2 años, bajo las aguas del mar, en cuya superficie el sitio de la fuente del antiguo “Volcán de Zamba” está aún indicado por emisión de burbujas de gas.

Acosta da sobre ese fenómeno (l’Institut, 1849, No 828, p. 362) la nota siguiente, que difiere un poco de lo que antecede y que solo me fue dado conocer mucho tiempo después de mi regreso: “El cabo de Galera Zamba se prolongaba en otro tiempo en el mar, sin interrupción, hasta la isla Enea que lo terminaba. Se podían recorrer tres a cuatro leguas en tierra y partiendo de la costa se veía elevarse un cerro cónico que era un verdadero

volcán, terminado por un cráter, del cual se desprendían gases con bastante fuerza para lanzar en el aire las [p. 25] tablas y las maderas que se le arrojaban. El volcán exhalaba de vez en cuando humo. Hace aproximadamente diez años que después de una erupción en la cual se vieron llamas, la tierra se hundió luego poco a poco y la península de Galera Zamba se convirtió en una isla. Entonces los barcos pudieron salir del Magdalena y llegar a Cartagena por el boquete que la desaparición del volcán había ocasionado, y en el cual la sonda marcaba una profundidad de mar de 8 a 10 metros. Tal era el estado de las cosas al comienzo del mes de octubre de 1848, cuando el sábado 7 de octubre, hacia las 2 horas de la mañana, se oyó un ruido que aumentó rápidamente y, de pronto, se lanzó del mar, en el sitio del antiguo volcán, un ramillete luminoso que alumbró como un vasto incendio casi toda la provincia de Cartagena y una parte de la de Santa Marta, en un radio de 30 leguas. Todos los habitantes salieron deslumbrados de sus casas; pero no se observó lluvia de cenizas durante esa erupción que duró varios días, aunque con una intensidad menor todos los días.

Algunos días después de la erupción, se notó una isla, cubierta de arena, en el lugar mismo del antiguo volcán, que había también reaparecido algunos años después de haberse sumergido. Pero aquella isla temible nadie se atrevió a abordarla, ella se hundió una vez más algunas semanas después.”

La cercanía inmediata ofrece pocos puntos de referencia para explicar ese extraordinario fenómeno y no se le puede reprochar al simple campesino si él lo cree aún de origen volcánico; el geognosta al contrario se esforzará en estudiar la roca adyacente para explicar, según la naturaleza de esta, la emanación de ese gas inflamable, mezclado con agua salada y que deposita carbón. Las capas de asfalto que describo en el Cretáceo inferior del macizo de Perijá, así como los carbones y sales gemas que afloran al Este de Cartagena en la provincia limítrofe (provincia de Coro, en Guaraná sobre el Paraguaná), dejan suponer que el tenor en sal del agua de las fuentes, así como el tenor en hidrógeno carbonatado del aire que escapaba, eran debidos a la presencia de yacimientos de sal gema análoga, y de capas de materias inflamables de misma naturaleza; la inflamación de esos gases se trans-

mitió probablemente a las capas inferiores de la Galera de Zamba y provocó el hundimiento de las secuencias suprayacentes.

Según una carta del Sr. M. Siefken en Barranquilla parecería que ahora la región submarina vecina de la península de Zamba se levanta poco a poco, pues los vapores transatlánticos ya no pueden, como antes, ceñir la costa de cerca, sino que deben permanecer a una distancia más grande, por causa de los bajos fondos.

Las capas terciarias de Cartagena continúan al Este hasta el valle del Magdalena; aquí ellas yacen en parte horizontales o buzan débilmente al Este, o buzan en parte al SE con un ángulo de 60 a 70 grados, como por ejemplo en las colinas de Villa Nueva, en la Popa de Cartagena, de 100 metros de altura y en la costa del mar en Guayepo, al Este de esa ciudad. Ellas se componen aquí de capas de una arcilla esquistosa amarillo claro y de caliza porosa; todo aquello aflora al Oeste bajo masas de bloques de rocas cretáceas. Al pie occidental del macizo nevado de Santa Marta, que se levanta al frente, no afloran capas fosilíferas; las calizas son allí cristalinas.

De las tres divisiones de la Cordillera de los Andes, que a lo largo de la costa occidental de Sudamérica, limita el Océano Pacífico, solo la parte septentrional me ocupó; su punto culminante está situado bajo el Ecuador y ella se divide, en el 2° grado de latitud norte en tres ramales que corren al Norte, mientras que al Sur ella pasa simplemente a las montañas del Perú y se apoya en el territorio del macizo de Bolivia. Además de las tres cadenas de dirección norte se encuentra además al NW una cuarta cadena más pequeña de alrededor de 300 metros de altura media: es el eslabón de Baudó que corriendo por la orilla occidental del San Juan y del Atrato, y empezando en la desembocadura del primero, se prolonga hasta el istmo de Panamá donde, a los 79° de longitud occidental, se hunde en ese país de colinas volcánicas y reaparece de nuevo al Oeste para recorrer Centroamérica.

Al sur de Popayán, a los 2° de latitud norte, las tres cadenas principales se acercan tanto una de otra, que forman aquí la línea de separación por el lado del Sur, de los dos valles del Magdalena y del Cauca encerrados entre ellas; ellas forman aquí la masa potente que sobre su ancha base se eleva en la cadena central a 4600 me-

tros (Sotará) y a 4433 (Puracé) y se apoya en el núcleo de montañas del Pasto Azufral, que forma la extremidad norte de la meseta de las cordilleras de Quito. De ese punto, en el valle occidental parten las aguas, ya sea al Norte en el Cauca, o al Sur en el Patía; el valle oriental, el del Magdalena, llega aquí, a los 2° de latitud norte, a su límite meridional, pues la cadena oriental se apoya aquí en los macizos traquíticos de Iscansé y de las Papas de la Cordillera Central y les acompaña hacia el Sur, como contrafuertes orientales.

Esa cadena central, que se termina en el Norte en la vecindad de Mompós (9° de latitud norte), comporta en la Nueva Granada varias cimas con nieves perpetuas: en los 5° y 4° 45' los volcanes casi extintos [p. 26] del Ruiz (5300 metros) con el de Santa Isabel (5100 metros) y la Mesa de Herveo (5590 metros), del Tolima con el del Quindío (5150 metros) de base plutónica; el Barragán a los 3° 50' (4000 metros), el Huila a 3° de latitud norte (5700 metros), el Puracé (4433 metros) y el Sotará en 2° 20' y 2° 15' (4600 metros). Cerca del ecuador su arista se ensancha, como dije más arriba y forma la meseta de Quito, que corre del Norte al Sur; sobre esta, unas veces en el borde oriental, otras en el occidental, se levantan numerosas cimas volcánicas, ella representa también una meseta montañosa limitada por dos filas de elevaciones y cuyos lados oriental y occidental son muy abruptos y difíciles de recorrer.

La cadena más oriental de la Nueva Granada lleva dos cimas nevadas, en 4° y 6° 20' de latitud norte, el Sumapaz (4810 metros) y el Chita (5583 metros); ella gira en seguida al Norte a los 7° de latitud norte, luego su masa principal se dirige al Este en el país de Mérida, mientras que un brazo más pequeño, que corre primero al Norte, luego al Noreste, forma el Macizo de Perijá y se hace más bajo a los 12° de latitud norte formando la lengua de tierra de la Goajira. La parte sur de ese macizo (7° - 2° de latitud norte) tiene, como el de Mérida, su lado más abrupto dirigido hacia los Llanos del Orinoco, es decir aquí, en la Nueva Granada, al Este, y su línea de cumbre está situada al Este del plano mediano; al Oeste de esa línea, que corre Sur - Norte, los valles de aluvión, situados entre las capas paralelas, y levantadas al Oeste de las alturas que forman los contrafuertes, forman peque-

ños valles longitudinales en terrazas, de los cuales el más extenso, el de Bogotá, está a una altura de 2700 metros.

La más baja de las tres cordilleras de la Nueva Granada es la del Oeste; exceptuadas las dos grandes cimas de su extremidad occidental, el Cumbal (4890 metros) y el Chiles (4840 metros), que con el Azufral de Túquerres (4000 metros) pertenecen ya geológicamente a la meseta de Quito, ella no tiene ninguna cumbre que sobrepase el límite de las nieves; al Norte se termina en el Golfo del Darién, y forma la Punta Arenas.

El macizo de Ocaña está constituido en parte por esquistos azóicos y metamórficos que, buzando al Este, corren del Norte al Sur; así mismo la parte occidental del Valle de Upar; comencé su ascenso en Gobernador (8° 27' de latitud norte), saliendo del Oeste, y después de haberlo visitado al Este en los 7° 30' hasta Pamplona y el Páramo Zumbador (ver página 19). Las brechas y los potentes estratos de guijarros que buzan 45° al Este y están estratificados entre las arcillas y las calizas, se componen de las mismas rocas; cubren el valle de Ocaña hasta La Cruz. Esas rocas estratificadas descansan aquí sobre sienita de grano fino que, además del anfíbol, contiene también a menudo mica, y se intercala aquí y allí entre esas capas.

En Cáchira (7° 29' de latitud norte) al pie del Páramo de Cachirí, de altura de 4220 metros, aflora un granito de fácil descomposición, por debajo de las calizas, cuarcitas y arcillas esquistosas.

Las calizas oscuras, con fósiles del Cretáceo inferior, están aquí cubiertas por esquistos arcillosos rojos, arenosos, por areniscas y por calizas más recientes, que contienen ostras; las circunstancias de estratificación son las mismas que la que yo observé al Este en Pamplona, Chinácota y San Cristóbal, así como en el Norte, en el macizo de Perijá; no dudo que esos terrenos cretáceos se extiendan también en el territorio situado entre esos puntos, que no están además muy alejados.

Más al Sur, las capas cretáceas se vuelven cada vez más potentes y extensas. En Matanza (7° 5' de latitud norte) Boussingault recogió: *Lithodomus socialis* d'Orb., *Exogyra Boussingaultii* d'Orb., *Exogyra squamata* d'Orb., *Ostrea abrupta* d'Orb.; en el río Sube que a los 6° 31' desemboca en el río Suárez: *Ammonites Dumasianus* d'Orb.,

Am. Santafeinus d'Orb., *Am. Galeatus* Buch, *Discoidea* exotica d'Orb., *Natica praelonga* Desh. Bucaramanga (6° 50' de latitud norte) está situada sobre una mesa de alrededor de 1000 metros de altura, formada por capas horizontales de guijarros de rocas plutónicas o cretáceas, intercaladas entre capas de arena aurífera. Ellas descansan todas sobre la arenisca marrón, arcillosa, micácea, del Cretáceo superior.

Entre Bucaramanga y Zapatoca (6° 35' de latitud norte), la orilla del Sogamoso, río que resulta de la unión del Suárez con el Chicamocha, tiene un escarpe de cerca de 100 metros; presenta esa misma capa de arenisca, cubierta por otra arenisca gris clara, cuarzosa, suprayacida a su vez por una caliza arcillosa azul-clara, amarilla en la parte superior. Uno encuentra en ella amonitas, terebrátulas (*T. Haueri*, Krst., pl. VI), trigonias, la *Crassatella Buchiana* Krst., (pl. V), común en las cordilleras orientales, luego espantangos, exógiras, pectens, politalamías (*Planulina Zapatocensis* Krst., *Robulina Sogamozae* Krst., ambos pl. VI) etc.; son todos fósiles del Cretáceo superior; son allí abundantes. Esas calizas alternan con arcillas esquistosas en hojuelas delgadas, amarillas, y esquistos arcillosos claros laminados. Bajo esas rocas afloran, en las profundas quebradas de paredes abruptas, las calizas oscuras y los esquistos silíceos en los cuales se recogen *Hamites Degenhardtii* Buch. var. *Inflatus* Krst. (pl. I), *Ancyloceras Beyrichii* Krst. (pl. I), *Ammonites Trianae* Krst. (pl. II), *A. Codazzianus* Krst. (pl. III) que se encuentran en todas las cordilleras. En Zapatoca aparecen, bajo el Cretáceo superior, esquistos arcillosos negros, con hojuelas muy delgadas, en los cuales se encuentran bloques de la caliza del Cretáceo inferior.

Depósitos similares predominan más al Sur y forman también la arista culminante del macizo.

[p. 27] En Petaquero (6° 14' de latitud norte) Acosta recogió la *Ammonites Acostae*, d'Orb y la *Am. Solitae* d'Orb.

En San Benito (6° de latitud norte) una caliza compacta arcillosa, dividida en capas de 3 a 4 metros de potencia, pasa a arcillas calcáreas y margas; contiene en las capas superiores las trigonias nombradas arriba, así como las exógiras, pectens, etc., y cubre esquistos arcillosos azul oscuro y calizas. Estas contienen a menudo

amonitas y otros fósiles de la misma familia, que forman el centro de cantos redondeados de la misma caliza. Esas rocas cretáceas corren aquí del SSO al NNE; lo mismo ocurre en el macizo situado al Este, constituido por rocas sieníticas que afloran bajo el Cretáceo en San Gil (6° 20' de latitud norte).

En Las Casitas, un poco al sur de San Benito, encontré las mismas concreciones calcáreas con amonitas, estratificadas, en esquistos arcillosos arenosos que alternan con otros esquistos arcillosos azul-negro, laminados, levantados al Este. Aquí se encuentran también, en las calizas cretáceas inferiores, las mismas costras cristalinas que en Parapara (página 13). Se encuentran en esas calizas *ticoceras*, *hamites*, *crioceras*, *lindigia* (*L. helicoceroides* Krst. 1856, plancha I., *Turrilites helicoceroides* Marcou 1875); representan, me parece, la parte superior del Cretáceo inferior. Las capas que las suprayacen me ofrecieron una *trigonia* y una *venus*.

En el Suárez superior, en Vélez (5° 54' de latitud norte), afloran potentes secuencias de una caliza negra y de esquistos arcillosos, en los cuales, además de los fósiles arriba mencionados, se encuentran también las especies representadas en las planchas II y III: *Am. Didayanus* d'Orb., *Am. pulchellus* d'Orb., *Am. compressissimus* d'Orb., *Am. galeatoides* Krst., *Am. Caicedi* Krst., *Am. Dupinianus* d'Orb., *Am. Alexandrinus* d'Orb., *Trigonia abrupta* Buch; al Este de Vélez, en Soatá (5° 58'): *Exogyra inoceramoides* d'Orb.; en Las Palmas: *Astarte exotica* d'Orb., *Modiola socorrina* d'Orb., *Exogyra sinuata* Sow., *Exogyra Couloni* d'Orb. En Leiva (5° 38') y Tunja (5° 33') se encuentran en las mismas rocas: *Ammonites Hopkinsi* Forbes, *Am. Lindigii* Krst., (pl. III), *Natica praelonga* Deshayes, *Arca perobliqua* Buch; en Tausa: *Ammonites aequatorialis* Buch.

Las calizas en parte arenosas, de 10 metros de potencia, que cubren esas capas me parecieron estar sin fósiles. El Cretáceo superior descansaba en discordancia sobre el inferior.

Es también de esa región, muy rica en fósiles cretáceos, de donde provienen los moluscos recogidos por Degenhard y Boussingault, que Buch y d'Orbigny reconocieron como pertenecientes al Cretáceo; y probablemente también los fósiles confiados a Forbes por Hopkins para

ser determinados, y señalados como provenientes de Bogotá: *Ancyloceras* (*Orthoceras* Lea) *Humboldtianus* Forbes, *Ammonites Buchianus* F., *Am. Bogotensis* F., *Am. latidorsatus* F., *Am. Leai* F., *Am. Inca* F.

Un poco más al Sur, en las capas levantadas al Norte que uno encuentra subiendo de Puente Nacional (5° 47' de latitud norte) a Chiquinquirá (5° 33'), la caliza está remplazada por areniscas blancas un poco micáceas; así mismo, encontré en los esquistos arcillosos que alternan con esas capas improntas de amonitas y de inoceramos.

Esa roca está atravesada, en Muzo (5° 26' de latitud norte) al SW de Chiquinquirá, por venas cuarzosas que contienen esmeraldas y aún más al Sur, en Zipaquirá (4° 56'), se encuentran en cavidades ricos yacimientos de sal; esas capas están cubiertas por areniscas y esquistos arcillosos donde se encajan capas de hulla. Esa sal gema de Zipaquirá es explotada, así como en Chita y Cumaral, al pie oriental de la cordillera; en muchos otros puntos de la comarca su presencia es revelada por el tenor en sal del agua; se le explota por evaporación. Aflora constantemente, según parece, asociada a una caliza arcillosa negra, al pie de escarpes elevados formados por las capas sedimentarias del Cretáceo, cuyos bordes rodean en hemicírculo el yacimiento de sal gema. En los depósitos cretáceos se encuentran *Astarte truncata* Bush, *Arca rostellata* Bush, *Trigonia alaeformis*? d'Orb., luego amonitas indeterminadas y diversos otros fósiles del Cretáceo inferior; las capas que los contienen están cubiertas de esquistos silíceos y arcillosos, cuya parte superior contiene *politalamías* y está suprayacida por areniscas y por esquistos arcillosos donde se reconocen *lucinas* y *cardiums*. A una hora al suroeste, en Tabio (4° 51' de latitud norte) uno encuentra *Cardium colombianum* d'Orb., y *Tellina bogotina* d'Orb., que Boussingault había ya recogido en calizas similares. La *Ammonites Boussingaultii* d'Orb. fue también encontrada en Sátiva, en la misma región.

La sal misma es bastante pura y se presenta en la forma de agregados cristalinos, separados sin embargo en capas reconocibles por pequeños fragmentos de una arcilla negra, calcárea, similar a la que forma el techo (en el yacimiento de Cumaral vi las capas de sal levantadas 45°, aquí y allí onduladas y corriendo SW - NE). Abstracción hecha de esa mezcla de arcilla, la sal es blanca y contie-

ne dispersos pequeños granos de azufre puro y cristales de pirita, así como concreciones de yeso en cristales en hojuelas, la mayoría pequeños, otras veces logrando hasta 2 – 3 m de diámetro. Las rocas que afloran al lado de la sal gema, y que cubren el circo de paredes abruptas de un ancho valle, están formadas por esquistos arcillosos, [p. 28] silíceos y calcáreos: areniscas y margas arenosas, así como los carbones y los esquistos arcillosos que se intercalan en ellas; estas últimas rocas cubren desigualmente el lomo de las primeras, es decir que se adosan a ellas. Sáenz (Contribuciones, etc, Bogotá 1878) descubrió, en una de esas capas de arenisca, una gran cantidad de fósiles, desafortunadamente indeterminables de una manera precisa.

En el yacimiento de sal de Gachetá (4° 48' de latitud norte), sobre la vertiente oriental de la cordillera, se encuentra carbón en condiciones análogas a aquellas. Más al Este, en la comarca de Ubalá, en el camino de Medina y de los yacimientos de sal de Cumaral (4° 20' de latitud norte) aflora también hierro pisolítico, azufre nativo puro en masas que pesan hasta 12 kilos, petróleo, e incluso filones de sulfuro de hierro, de galena y de cobre sulfurado. En esos depósitos la roca que está mezclada a la sal en finas partículas, y que cubre la superficie del yacimiento, es en todas partes de color negro.

En cuanto al carbón fósil que encontré, por el lado del suroeste, a una pequeña distancia de la mina de sal de Zipaquirá, es una capa de alrededor de 3 metros de espesor, que está separada en 3 grupos por esquistos arcillosos de un decímetro de espesor y, según parece, descansa sobre arcillas abigarradas.

Ni en esas hullas ni en las que observé a menudo en otros puntos de Colombia vi coníferas, helechos u otras criptógamas vasculares como los que contiene la hulla del período carbonífero, pero encontré en ellas hojas de gramíneas y de dicotiledóneas.

El hecho de que la sal gema esté estratificada demuestra su origen sedimentario; es de suponer que en ciertos intervalos, según resulta de su estratificación regular, las capas de sal cristalizaban dentro del agua que se evaporaba y cubrían los pequeños fragmentos de roca que, al desprenderse de las paredes de rocas, caían sobre las costas salinas de la laguna, de donde estas habrán obtenido su color negro; este último en efecto, así como el azufre

y la pirita, solo es según parece un producto de descomposición de sustancias orgánicas que se encontraban en el agua de mar sometida a la evaporación. No pude constatar, en Zipaquirá, alternancia o superposición de la sal y de otras capas de roca; en Cumaral me pareció cubierta inmediatamente por depósitos terciarios, es decir por areniscas y pudingas cuyos materiales parecían provenir solo del Cretáceo reciente. La sal aparecía en masas, depositada en las fisuras de desplazamiento, las grietas del Cretáceo; aquí en Zipaquirá está cubierta por ese esquistoso margoso negro (probablemente el residuo de capas de sal reducidas a polvo) que en profundidad se vuelve más y más rico en sal y pasa a 8 ó 10 metros, al verdadero yacimiento (comparar el perfil VIII).

De las condiciones de yacimiento que acabamos de exponer resulta que en la época en que se depositaban las capas relativamente poco importantes del Terciario el Cretáceo formaba una serie de islas dispuestas en una dirección que corresponde a aquella de los yacimientos de sal, del SW al NE (las de Zipaquirá, Sesquilé, Gachetá, Tausa, Nemocón, Somondoco, Lengupá, Sisbacá, Sirguasa, Chita, Chinibaque, etc.); uno está también tentado de suponer que la sal se depositó dentro de las aguas terciarias que durante la marea penetraban periódicamente en las fisuras de las rocas, y se evaporaban; más tarde, durante el levantamiento general de toda la región por encima del mar terciario, esa parte del macizo, que ahora corre del Norte al Sur, fue exhumada en forma de terrazas por un movimiento del suelo que se propagó del Este al Oeste, y levantada a alturas diferentes; los depósitos de sal fueron desmembrados y su naturaleza física modificada. En Chita donde, en el Neocomiano, Boussingault recogió la *Ostrea abrupta* d'Orb., el agua del yacimiento de sal parece provenir de una profundidad considerable, pues posee una temperatura de 50°, mientras que la temperatura media del aire es de 11° C., a una altura de 1600 metros sobre el mar.

En la arenisca blanca deleznable que cubre en Zipaquirá las rocas adyacentes al depósito salino, encontré más al Sur, en Tausa y Bogotá (40° 36' de latitud norte), donde aflora con gran potencia, restos de equinoides (*Echinus Boussingaultii* d'Orb., *Spatangus* etc.), de ci-

*NdT. Karsten escribe 40°, debe tratarse de 4°.

rrípedos (*Balanus*) de moluscos y de cefalópodos (amónitas); pero todos esos fósiles estaban en un estado de conservación que no permitía un estudio más profundo.

Probablemente esa arenisca corresponde a la arenisca a cuadros (*quadersandstein*) de Sajonia. Se podrían encontrar ejemplares pasables de esos fósiles en las canteras actualmente en explotación de Guadalupe y de Monserrate. Sáenz (*Contribuciones, etc.*, 1878) habla de una especie de *Epiaster* d'Orb. que uno encuentra en la arenisca de Monserrate, y llamada por él provisionalmente *Ep. Acostii*, y de un *Goniopygus* Ag. muy similar al *Echinus Bolivarii* d'Orb., que él encontró en una arenisca rojiza de Guadalupe, y al cual dio el nombre de *Goniopygus Restrepii*.

Bajo esa arenisca aparece un esquisto margoso arenoso; ambos están levantados en Monserrate, unos 25° al Oeste; adelante de ellos, cerca de la ciudad, a veces fuertemente levantados hacia el Oeste, a veces verticales, afloran capas de arcilla esquistosa con carbón (hulla) y areniscas cloritosas; mientras que en Guadalupe, que está bien cerca de allí, el buzamiento de esa arenisca fosilífera es de 75° al Oeste y al pie, [p. 29] encima de la ciudad, afloran esquistos arcillosos y areniscas gruesas, granulares, margas abigarradas que buzán igualmente al oeste, pero con un ángulo débil.

En esos depósitos probablemente terciarios que se apoyan en discordancia sobre la arenisca fosilífera, observé en el Boquerón, encima de Bogotá, mercurio metálico, como lo dije más arriba; al pie de Guadalupe se encuentran aquí y allí intercaladas delgadas capas de lignito.

Areniscas similares a las de Guadalupe y Monserrate forman las alturas de esa parte de las cordilleras, y se les reconoce en la vertiente oriental aún más abajo que las capas superiores de las alturas. Entre Chipaque (donde Boussingault recogió un fósil análogo a *Trigonia alaeformis* Sow.) y Cáqueza (4° 25'), se ve esa potente capa de arenisca aquí y allí con arcillas y esquistos silíceos intercalados, formar una gran curvatura, levantarse sobre un gran radio, habiendo obedecido a una gran presión que venía del Este al Oeste, mientras que en la colina situada al Este de ese punto ella está casi horizontal. Un poco al norte de Cáqueza en la comarca de Fómeque, Ubaque y Choachí (donde surge una fuen-

te sulfurosa de 54°C), así como al Este hacia Quetame, donde surge otra fuente con ácido carbónico, de 37° 5 C, aflora bajo la arenisca un esquisto margoso que me ofreció, además de otros fósiles cretáceos que allí recogí, *Ammonites Alexandrinus* d'Orb., *Am. Roseanus* Krst. (plancha II fig. 4), *Am. Nöggerathii* Krst. (plancha I f. 6), *Am. Santafecinus* d'Orb., *Am. Boussingaultii* d'Orb., *Am. Caquensis* Krst. (plancha I f. 7), *Am. Ubaquensis* Krst. (plancha I f. 8), *Ptychoceras Humboldtianus* Krst. (plancha I f. 1), *Hamites Arboledae* Krst., *Crioceras Duvalii* Lev. var. *undulata* Krst. (plancha I f. 3).

En esas regiones superiores de la vertiente oriental de esta parte de las cordilleras capas terciarias parecen faltar, pero se les encuentra más abajo en su pie oriental, en el límite superior de los llanos del Orinoco, al igual que sobre todas las terrazas de la vertiente occidental hasta el Magdalena. Esta circunstancia parece demostrar que el levantamiento de esta cordillera se hizo principalmente sobre la vertiente occidental y tuvo lugar después del período mioceno, en la época de la erupción de las traquitas de las Cordilleras Centrales, que llevaron esas cadenas a su altura actual. Las capas que constituyen la superficie de esas terrazas están formadas por depósitos diluvianos (en parte aluviales) en los cuales, sobre todo en muchas localidades, sobre la terraza superior, por ejemplo en Canoas cerca de Soacha, Balsillas, Chiquinquirá, se encontraron restos de *Mastodon angustidens* y otros mamíferos antediluvianos.

Esa arenisca fina y deleznable que, en Bogotá, aflora en capas potentes adquiere aquí y allí una textura más gruesa, se intercalan en ella conglomerados y pudingas a los cuales pasa más tarde enteramente, por ejemplo en las alturas que se levantan al Oeste hacia el Magdalena, en los Altos del Trigo, de Guaduas, del Sargento. Esas areniscas descansan por lo general sobre esquistos silíceos y arcillosos en los cuales encontré escamas de peces, restos de conchas y politalamías, por ejemplo *Orthocerina Ewaldi* Krst. (plancha VI). En esos sistemas de capas que, en el lado oeste de la meseta de Cundinamarca, forman en todas partes terrazas se encuentran en la parte superior conglomerados cuyos guijarros contienen foraminíferos del Cretáceo superior; esas capas pertenecen entonces a un período más reciente y son por lo tanto terciarias. Bajo

esas masas de rocas aparecen la mayoría de las veces capas potentes de esquistos margosos laminados, moteados de rojo, y que dan por desagregación margas marrones o abigarradas; aquí y allí se intercalan en ellos calizas conchíferas. Ellas forman el techo de las calizas y esquistos silíceos negros con amonitas del Cretáceo inferior donde predomina *Am. Galeatus* Buch (plancha II f. 6). Allí recogí además, en el camino de Bogotá a Honda y a Ambalema, en Villeta: la *Am. Rothii* Krst.; *Am. Willisii* Krst., y *Cardium granatense* Krst. (ver *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*. Berlin 1859, p. 473); en Anolaima: *Rostellaria Boussingaultii* d'Orb., *R. americana* d'Orb., *Corbula columbiana* d'Orb., *Anatina columbiana* d'Orb.; en Honda: *Trigonia Hondaana* Lea. En el camino de Bogotá en Tocaima e Ibagué cerca de Anapoima y en los alrededores de esta última localidad: *Rostellaria angulosa* d'Orb., *R. Boussingaultii* d'Orb., *Cardium peregrinorum* d'Orb., *Venus chia* d'Orb., *Venus cretacea* d'Orb., *Nucula incarnata* d'Orb., *Trigonia Hondaana* Lea, *Trigonia subcrenulata* d'Orb., *Trig. Lajoyei* Desh., *Cucullaea brevis* d'Orb., *Cuc. Tocaymensis* d'Orb., *Ammonites Treffryanus* Krst. (plancha IV), *Am. galeatus* Buch (*Am. Tocaymensis* Lea) plancha II f. 6, *Am. Karsteni* Marcou (*Am. Acostae* Krst. Plancha V, fig. 1), *Am. planidorsatus* d'Orb., *Am. santafecinus* d'Orb. – En Guaduas (5° 2') Acosta recogió *Am. Guaduaensis* d'Orb. En una caliza muy dura, blanca, del Caño Morro sobre el Magdalena, cerca de Honda, de la cual Acosta envió muestras a d'Orbigny en 1853, este vio dos fósiles similares a la *Ostrea vesicularis* d'Orb., y a la *Cyprina Royana* d'Orb., los cuales, si hubiesen podido ser determinados con más seguridad, habrían quizás demostrado aquí la presencia del Cretáceo superior.

Débiles cantidades de hulla o de asfalto se intercalan a menudo entre las capas de esquistos margosos rojos, a veces arenosos, que separan el Cretáceo inferior del superior.

Complejos de capas análogas forman también las terrazas que, al Oeste conducen al Magdalena, [p. 30] con capas que buzan del lado del Este, y que al Este llevan hasta las llanuras del Orinoco, con un buzamiento al Oeste. Las rocas que las componen parecen haber estado expuestas a los agentes metamórficos (como lo dije más arriba, los terrenos más recientes parecen faltar en las regiones superiores), pues sin ninguna duda rocas sieníti-

cas y otras especies plutónicas afloran aquí y allí en esta parte de las cordilleras: yo no las observé, es verdad, en su sitio, pero su existencia es revelada por la presencia de potentes capas de guijarros y de gravas, en el pie oriental de la cadena.

Tales depósitos de guijarros forman, en todo el pie de las cordilleras, el “Llano Alto” del Orinoco. En Cumaral (página 28), los encontré compuestos de rocas sedimentarias. En el Casanare superior (al Este de Tunja y del Socorro) esas masas de gravas y de arenas, altas de 300 a 400 metros, están separadas del pie de las cordilleras por un valle de erosión; están además disectadas en todos los sentidos por las aguas de escorrentía y divididas en “Mesas” y en “Lomas” de mismo nivel, como lo hemos descrito en la Mesa Carora (página 22).

Me parece notable que las pudingas y conglomerados intercalados entre las otras capas neptunianas, como es el caso en el valle del alto Magdalena, estén conformados por elementos de cuarzo, de arcilla y de caliza, los que pude a veces reconocer como pertenecientes a depósitos del Cretáceo superior, sin que bloques de rocas plutónicas viniesen a mezclarse con ellos. Los depósitos de gravas recientes al contrario, contienen esas especies cristalinas en gran cantidad, sobre todo en los lechos de torrentes. En el pie occidental de la cordillera de Bogotá, en la orilla del Magdalena cerca de Piedras (4° 29') observé una roca cloritosa que yace bajo el diluvial, del cual, según me pareció, había dislocado las capas; en Honda (5° 12') aflora una sienita cubierta por bloques sieníticos; probablemente esas rocas cristalinas pertenecen a las Cordilleras Centrales (comparar la explicación del perfil V).

En la dirección del Sur, se ven aflorar los mismos sistemas de capas que he descrito al Oeste de Bogotá y que conducen al Magdalena; por ejemplo en la cascada del Tequendama, de 146 metros de altura, que cae de las paredes abruptas de esa montaña; en Pandi (4° 13') el célebre puente natural de Icononzo sobre el Sumapaz está formado por un bloque de arenisca superior acuñado entre las dos paredes del lecho del torrente. Esa arenisca de cerca de 85 metros de potencia, contiene algunas delgadas capas de cuarcitas.

Encontré esas mismas divisiones hasta en el alto Magdalena. En la orilla derecha las capas buzan al Este.

Una caliza arcillosa la mayoría de las veces marrón, que contiene exogiras, cardiums y otros restos de moluscos, se encuentra regada en fragmentos en toda la comarca. Frecuentemente se observan carbón de tierra, asfalto y sal gema intercalados entre las otras capas; salen de ellos aquí y allí fuentes salinas. El suelo de la llanura de Neiva (3° 7' de latitud norte) tiene la propiedad del suelo terciario de Carora y de Maracaibo, que describí más arriba, es decir que la madera, sobre todo el guayacán se silicifica en él. En Timaná (2° 16' de latitud norte), en el alto Magdalena, al Sur de Neiva, Codazzi encontró una bella caverna en las capas calcáreas.

En la orilla izquierda del Magdalena, al pie del Huila, que pertenece a la Cordillera Central, a la latitud de Neiva y al Norte de Carnicerías, encontré una capa *in situ* de la caliza conchífera que, en la orilla derecha, solo aparece en bloques erráticos; ella descansa sobre una marga marrón que, además de otros fósiles, contiene también nautilus y politalamías. En los guijarros y gravas recientes se encuentran con frecuencia fragmentos de esquistos cristalinos y de rocas sieníticas; no se les observa al contrario en los conglomerados intercalados en los otros depósitos sedimentarios. Si ese hecho se generalizara, fijaría la época del levantamiento de los diversos terrenos de esa región.

Aquí, en la orilla izquierda del Magdalena, encontré el Cretáceo inferior con amonitas; lo encontré de nuevo más al Sur, en las regiones superiores, de Paicol (2° 52') hasta Inzá al Suroeste (2° 45') al pie del Guanacas, mientras que en las regiones inferiores las capas cretáceas superiores aparecen buzando al Oeste.

Steinmann reconoció dos amonitas recogidas en esa región por Stübel – una en una arenisca amarilla – marrón entre Pital y La Plata (2° 34' de latitud norte), la otra en una caliza negra bituminosa, cuyas capas están cortadas por el río Guayabo – son formas vecinas de las *Amaltheus*; una es del grupo de la *Am. pustulatus*, la otra se parece mucho a la *Am. costatus* (= *spinatus*). Ese piso sería por lo tanto del Jurásico antiguo o Lias, y es hasta aquí el único afloramiento de esa división que se haya observado en Suramérica, al norte del Ecuador; mientras que según Stelzner, al sur del Ecuador (de 5° 40' a 36° 50') las Cordilleras están en parte acompañadas por capas jurásicas.

Al norte del Huila, al pie del Barragán, cerca de Chaparral (3° 52' de latitud norte) Acosta encontró una caliza negra *in situ*, y Codazzi en Capellanía en la misma comarca (al oeste de Purificación 3° 95' de latitud norte) una amonita indeterminable. Asfalto y petróleo, hulla y sal gema se encuentran a menudo intercalados en esas capas que, en el torrente de Tolumí, presentan una caverna espléndida. Algunos bloques de rocas traquíticas [p. 31] y sieníticas indican la constitución de las Cordilleras Centrales en esta comarca; la vertiente oriental de la cadena está cubierta por las capas sedimentarias cretáceas y terciarias. – Más al Norte en Santa Ana (5° 7' de latitud norte) encontré también depósitos terciarios con fósiles (bellas improntas de hojas de árboles dicotíleos fuertemente similares a las de la vegetación actual); estos descansan sobre esquistos semi vitrificados y metamorfosados, atravesados por ricos filones metalíferos, aquí con menas de plata, de los cuales, en el pueblo de Guaya-bal, sale una fuente salina; al contrario, en las localidades septentrionales vecinas, en el pie sur del Tolima, el cretáceo aflora también, según lo que reconoció d'Orbigny en los fósiles recogidos por Boussingault en Ibagué (4° 27') en el río Coello y en el valle de San Juan, a saber: *Ammonites alternatus* d'Orb., *A. colombianus* d'Orb. e *Inoceramus plicatilis* d'Orb.

La vertiente occidental de esa parte de la Cordillera Central es de una constitución análoga; yo la escalé dos veces, a saber el Guanacas (2° 30') en el borde norte del Puracé, entre Popayán y Neiva, y el Quindío (4° 35') en el borde sur del Tolima entre Cartago e Ibagué. En las rocas de esa vertiente oeste, entre esos dos pasos, no descubrí sin embargo ningún fósil, quizás solo porque las circunstancias no me permitían buscarlos más cuidadosamente. Esa vertiente consiste, de Popayán hacia el norte hasta Buga (3° 56') en potentes capas de margas (tobas volcánicas?) dispuestas al pie de escarpes abruptos y a menudo de paredes de rocas casi verticales; en las regiones más bajas, más próximas al río Cauca, se encuentran, según parece, capas terciarias que buzando al Este y están cubiertas por margas, arena y guijarros que provienen de rocas plutónicas o volcánicas. Al norte de Buga (3° 56') del lado del Quindío, domos redondeados forman las vertientes de esa parte de la Cordillera Central; aquí, al pie de esa

cadena, predomina una arenisca, unas veces fina, otras veces gruesa, la mayoría de las veces buzando 45° al Este y que pasa con frecuencia a un conglomerado; esta última roca está formada por cantos de cuarcitas oscuras, por esquistos arcillosos y por rocas plutónicas. En Cartago (4° 45') aflora una formación de agua dulce en cuyas capas se intercala un esquisto silíceo formado por diversas especies de *Galionelles* (plancha VI.7).

Al este de Cartago las masas traquíticas del Tolima (5616 metros), y de la mesa Nevada de Herveo (5590 metros), con los conos volcánicos de Ruiz (5300 metros) y de Santa Isabel (5100 metros) perforan la cadena plutónica. No pude visitar esa parte de las cordilleras y solo la conozco por lo que han dicho de ella Degenhardt y Boussingault. Los esquistos metamórficos y plutónicos (esquistos micáceos, etc.) que, al pie de las cordilleras, en Ibagué y Cartago, están levantados a 45° contra la cadena, se levantan tanto más cuanto uno más se acerca de la masa traquítica del volcán Tolima, apagado desde 1595; en contacto inmediato con la traquita Boussingault vio esquistos micáceos que pasan a esquistos anfibólicos y levantados verticalmente; en Agua Caliente, en el Quindío, andesitas cruzaban, según él, esquistos micáceos no modificados. El mismo observador notó, a la altura de 4300 metros abundantes masas de vapor de agua que se escapaban del fondo del antiguo cráter; las encontró mezcladas con gas carbónico e hidrógeno sulfurado. En el Páramo del Ruiz Boussingault constató la existencia de una fuente termal muy rica en ácido sulfúrico libre y en ácido clorídrico. En 1839 Degenhardt vio también columnas de humo levantarse del Páramo del Ruiz (Herveo), de donde, durante el temblor de tierra del 16 de noviembre de 1827, se escaparon grandes masas de lodo que contenían hidrógeno sulfurado. En esa vertiente occidental del Ruiz, surgió la fuente sulfurosa conocida con el nombre de “Termales”; Codazzi le encontró una temperatura de 64° C. En las pendientes de esa montaña afloran grandes cantidades de piedra pómez y Codazzi notó en ellas, según me dijo él mismo, carbones y troncos de helechos carbonizados incrustados en la traquita.

Ya Degenhardt había dado a conocer (Karsten's Archiv XII, 1839) que la vertiente de la Cordillera de Antioquia, del Páramo de Sonsón (5° 40' de latitud norte)

hasta cerca de 80 millas inglesas al Norte, está formada principalmente por rocas plutónicas; son granitos finos, que pasan a veces a sienitas, y sobre las cuales descansan neises, diabasas, pórfidos, esquistos anfibólicos, micáceos o arcillosos, areniscas y conglomerados. Estas últimas capas, de origen sedimentario, con otros esquistos arcillosos o calcáreos que según el decir de Codazzi yo tomo por Cretáceo, forman la extremidad norte de esa Cordillera Central.

En muchas localidades de esa provincia se encuentran, en las rocas plutónicas, piritas y venas de cuarzo auríferos. Es en uno de esos filones, en Santa Rosa (6° 30') en un cuarzo rico en hidróxido de hierro, donde Boussingault descubrió por primera vez el platino en la roca *in situ*. En el diluvium se encuentra platino en cantidades considerables, al lado de granos de oro en los valles del Atrato y de San Juan; disminuye al sur de la desembocadura del San Juan en la costa del océano; parece existir sobre todo en los pórfidos de la Cordillera Occidental al norte del cuarto grado.

Sobre “La Mesa”, de 3610 metros de altura, de Santa Rosa y del río Negro, las masas plutónicas están cubiertas, en una extensión considerable, por una arenisca que pasa por la base de los conglomerados silíceos y contiene niveles de hulla y de lignito; está cubierta a su vez casi en todas partes por una capa de hierro hidroxilado, sobre la [p. 32] cual yace otra capa de arena aurífera, de 1.5 metros de potencia; esta soporta a su vez delgados niveles de arcilla. En esa meseta en El Cuarzo, surge otra fuente yodífera, “El Retiro”, directamente del granito. Las colinas que rodean esa fuente, en la orilla derecha del río Negro, que desemboca por el Nare en el Magdalena, están constituidas por una arenisca que alterna con capas de arcilla muy fina, en niveles delgados, y con bellas improntas de hojas, que recuerdan además hechos similares que observamos en Santa Ana de Mariquita, al sur de nuestro punto, en el pie oriental de las cordilleras; esa arenisca descansa aquí, en lugar de la arena aurífera, sobre hierro hidratado y este a su vez sobre alternancias de lignitos y de arcillas.

Esa parte del valle del Cauca contiene muchas otras fuentes saladas; la más conocida es la de Guaca, cerca de Medellín (6° 8'); ella contiene yodo con trazas de bromo

y sale de una arenisca con lignito que descansa sobre sienita. Una fuente similar surge en la vecindad, de una roca porfiríde; otra, “La Salina”, de un esquisto anfibólico rodeado por sienita.

El Alto de Corcovado, que se levanta en las vecindades de Titiribí (5° 56' de latitud norte) está constituido según Degenhardt por granito, pórfido y traquita. Ese naturalista toma por volcánicos los conos de Sillón y de Cerro de Tusa (5° 50' de latitud norte), en razón de su forma.

En la comarca de Anserma (5° 50' de latitud norte) aflora, según Posada Arango, una caliza con Trigonía abrupta, y ya Degenhardt y Boussingault recogieron otros fósiles cretáceos, en la misma latitud, en la orilla izquierda del Cauca, cerca de Supía (5° 23'). Más al norte, en Betulia, en la orilla occidental del Cauca, Posada Arango me escribe que se ha descubierto un diente de mamut. En Magangué, cerca de la desembocadura del Cauca en el Magdalena, se encuentran según el mismo observador otras partes del esqueleto de un mamut. Posada Arango posee él mismo un fémur. En Zaragoza (7° 20' de latitud norte) en el Nechí se encuentran depósitos de cantos auríferos, con cantos blancos o amarillos, envueltos en una arcilla roja que descansa sobre un esquisto arcilloso oscuro, así como en Simití, San Pablo y Nare en el Magdalena inferior.

En los flancos occidentales del valle del Cauca, en esa Cordillera Occidental que visité en Segungue (2° 28') dirigiéndome al NO de Popayán de allí al Norte hasta Vijes (3° 40' de latitud norte) encontré capas que atribuí al Cretáceo superior, cubiertas de arcillas, de pudingas y de areniscas deleznales con fósiles terciarios. En esas primeras capas se encontraban politalamías y bivalvos, entre otros un pecten bastante común, además de pólipos y restos de equinoides todo envuelto en una caliza pura o arenosa que contiene restos de esquisto arcilloso, así como en la arenisca muy gruesa que le cubría. En Vijes esos complejos descansan sobre una caliza vitrificada, a veces marmórea, que alterna con un esquisto arcilloso marrón, silíceo.

Otro esquisto arcilloso amarillo, cuarzoso, similar al de la cadena litoral interior de Venezuela y que como este se descompone en fragmentos paralelepípedos, aflora entre Mulaló y Vijes; está atravesado por venas de

cuarzo aurífero. Filones de cuarzo de misma naturaleza, con hojuelas de oro y de platino aparecen en el “Valle del Salado” (Campo Alegre) entre Cali y Juntas. Los restos de esas capas son probablemente la causa principal de la riqueza de oro y de platino en los depósitos de cantos de la costa occidental y en los de las partes superior y media del valle del Cauca. Sobre la costa occidental esos yacimientos de metales nobles se encuentran del 1° al 4° de latitud norte, es decir de Esmeraldas al Sur a San Juan al Norte; aquí ese terreno aurífero deja la costa y sigue la Cordillera Occidental subiendo el lado izquierdo del San Juan, luego baja sobre el lado derecho del Atrato. Las montañas de Baudó y las riveras inmediatas del Atrato y del San Juan están desprovistas de oro. Es sobre todo en la capa más inferior, de espesor de algunas pulgadas, de un diluvium de 6 a 7 metros de potencia, donde los metales se encuentran más abundantemente. Ese diluvium cubre el pie y las vertientes de las cordilleras, en esa comarca bajo el terreno de aluvión, de 40 a 900 metros de altura. El diluvio aurífero está formado por restos de rocas plutónicas y cretáceas; está cubierto por aluvium que, al Sur, donde afloran traquitas, está compuesto en gran parte por restos de esta última roca. En la cuenca baja del Esmeralda, Wolf encontró ese diluvio metalífero descansando en discordancia sobre capas terciarias y separado del aluvium por masas potentes de toba volcánica. Ese diluvium aurífero sube sin embargo hasta 3.000 metros en las alturas traquíticas en Guachavez cerca de Túquerres.

Si nos dirigimos de nuevo al Sur hacia las fuentes del Cauca, vemos que los volcanes de Puracé y de Sotará que, a los 2° 20' y 2° 15' de latitud norte, se levantan de la cadena plutónica de la Cordillera Central, están unidos uno al otro por las alturas nevadas formadas por rocas traquíticas, de Coconucos; están además unidos por su prolongación al Sur, constituida en gran parte por rocas volcánicas, con el volcán de Pasto. Esas primeras cimas provocan en el valle que forman la Cordillera Central con las Cordilleras Occidentales una elevación, un levantamiento que determina allí la separación de la cuenca norte ó del Cauca y de la cuenca meridional o del Patía.

[p. 33] Digna de ser notada es, en estos últimos valles del Cauca y del Patía, la presencia frecuente de fuen-

tes salinas iodíferas, que se encuentran de Antioquia a Pasto y hasta en la meseta traquítica de Quito. En el volcán de Pasto y en el de Puracé esas fuentes salinas con tenor de bromo y de yodo surgen, según Boussingault, directamente de la traquita; un caso citado es el del norte de Pitayó, con la “Salina de Asnenga”. En La Paila en el valle del Cauca, al pie occidental de la Cordillera Central, 0° 17' al sur de Cartago, el mismo naturalista vio una fuente salina salir de la sienita; en el valle del Patía otras fuentes similares salían de una sienita porfirítica. Quizás circunstancias análogas expliquen la presencia singular de toba volcánica con cristales de sal gema en el Cotacachi en Ecuador. En la vertiente noreste de ese volcán, que sobrepasa el límite de las nieves, en la orilla escarpada de la Mica, aflora una marga arenosa que contiene sal gema con 1 – 2% de yodo; es explotada por la sal; en esa marga están incluidos cantos de diversas rocas cristalinas, de traquita y de piedra pómez. Esa toba salina, que se extiende en una superficie de aproximadamente ½ milla cuadrada, descansa sobre una traquita de masa fundamentalmente augítica con cristales de feldespatos vidriosos (sanidina). En la temporada seca se quita la capa superficial de esa toba, la cual es muy rica en sal, y se lava; la capa subyacente, de cerca de 1 metro de profundidad, es menos rica, probablemente porque la sal es transportada a la superficie por las aguas que se evaporan. Se podría creer que esa toba haya sido arrojada por el volcán teniendo ya esa composición, si no estuviese rodeada de toba no salífera, tal como se encuentra casi en todas partes en esa meseta volcánica.

Bajando de Popayán al valle profundo y disectado del río Patía, se ve aflorar bajo potentes capas horizontales de marga y de cantos, una arcilla cuarzosa, vidriosa, que se deshace en fragmentos paralelepípedicos, y pasa aquí y allí a clorita, la mayor parte del tiempo atravesada por venas de cuarzo blanco; esa arcilla es azul y en la superficie lo más frecuentemente coloreada de marrón por los fenómenos de oxidación; buza 45°. En La Horqueta (1719 metros de altura), al pie oeste del Sotar, una marga de mismo color contiene niveles de cantos de pórfido diorítico coloreados en la superficie del mismo tinte. Esas capas pudieron ser observadas hasta Árboles (2° 15' de latitud norte), donde aflora una traquita.

El camino que conduce al valle del Patía atraviesa masas de pórfido y de traquita, capas de cantos y niveles inclinados de marga cuarzosa trapeana, en parte una toba volcánica. Esas capas trapeanas solo me parecieron ser el producto de la descomposición del pórfido. Aguas abajo afloran niveles de arenisca y de pudingas, de cuarcitas y de marga levantados al Oeste. En la vecindad de la quebrada Guabita, antes de pasar el puente, bajando, se encuentran moldes de gasterópodos (terciarios?) en una marga arcillosa que se apoya en el pórfido de Sotar.

Las alturas de menor importancia que recorren el valle del Patía están constituidas, hasta donde les estudié, por areniscas grises sin consistencia y conglomerados de guijarros cuarzosos blancos u oscuros, que alternan con margas arenosas grises, raramente marrones. Esos complejos de capas, que buzcan 45° al Oeste, están cubiertos también aquí y allí, al lado izquierdo del valle, por capas horizontales de arena, de margas o de grava, cuyos elementos son cuarcitas, esquistos arcillosos, calizas conchíferas terciarias, dioritas, traquitas y otras especies de rocas que componen las Cordilleras Centrales en la vecindad. En la orilla derecha del Patía los cantos son provistos por un pórfido análogo al de la orilla izquierda, pero la sienita tiene un grano más fino.

Las capas superiores de esta comarca están constituidas por una arcilla moteada o marrón separada en gruesos esferoides. En la quebrada Zarzal, cerca de Patía (680 metros de altura) se encuentran bloques de una caliza fosilífera negra, arenosa, y de otra caliza amarilla, arcillosa, como las que afloran *in situ* cerca de Seguegué, en el alto Cauca.

Más al Sur, cerca de Mercaderes (1° 44' de latitud norte) y de Sombrerillos (a 1271 metros de altura), encontré de nuevo esas capas terciarias, buzando al Este, poco potentes, que conforman las alturas del valle del Patía; estaban cubiertas por potentes sistemas horizontales de capas de arena, de marga y de cantos de rocas plutónicas o volcánicas, que constituyen las montañas limítrofes de la Cordillera Central. Entre las margas deleznales y las capas de toba observé igualmente, en los alrededores de Sombrerillos (1° 40' de latitud norte) una capa de obsidiana de alrededor de 0.5 decímetros de espesor.

Esas circunstancias demuestran que las alturas del Patía, levantadas conjuntamente con la erupción de las masas volcánicas, permanecieron aún bajo la superficie del mar y quedaron cubiertas por los productos volcánicos, y los restos de rocas metamorfoseadas, rodadas por las corrientes marinas; después de su levantamiento ulterior por encima del mar, las aguas corrientes las liberaron, al menos parcialmente, de ese manto.

Del valle del Patía el camino me condujo a Pasto pasando por los ríos Mayo y Juanambú, y los pueblos de Venta y Berruecos. El terreno de esa comarca del Mayo consiste en capas [p. 34] de marga arenosa que contiene fragmentos de rocas cristalinas esquistosas u otras, así como cristales y fragmentos de granate, espinela, rubí-espinela y de safiro.

La presencia de esos minerales en esa marga, al lado de restos de rocas mencionadas más arriba, haría suponer que ese estrato solo es una toba volcánica, el producto de descomposición, por fuerzas volcánicas, del macizo primitivo plutónico de esa región; esa toba habría cubierto, en estado de lodo o de ceniza volcánica, esa comarca entonces probablemente aún bajo las aguas del mar, y la cubre aún ahora hasta cerca de las cimas propiamente dichas, compuestas por traquitas. – En la vertiente del Monte de La Venta aflora bajo esa toba (cangagua) una marga esquisto arenosa, rojo – marrón, que alterna con una arenisca cuarzosa de mismo color. En el Juanambú descansan debajo de esa cangagua potentes depósitos de bloques y de conglomerados compuestos por rocas cuarzosas o esquistosas, metamórficas, cristalinas masivas y porfíricas. Esas rocas se encuentran *in situ* en la vecindad del Juanambú.

De aquí al Sur la Cordillera Central limita inmediatamente las llanuras del Maraón, pues la extremidad sur de la Cordillera Oriental se reúne aquí, en el Páramo de las Papas (1° 58' de latitud norte), con la Cordillera Central. Esa extremidad sur de la Cordillera Oriental está constituida según Codazzi (Felipe Pérez, Jeografía, etc. I. p. 409) no por rocas plutónicas, sino casi exclusivamente por capas de transición y depósitos sedimentarios. En los alrededores del volcán de Patascoy (Bordoncillo, altura 3800 metros) al Este de Pasto (0° 14'), se encuentran traquitas que afloran así mismo en los ríos Fragua y Yuraya-

co. Esos afluentes del Caquetá salen del grupo de montañas del Fragua, compuesto por tres cimas que se parecen a volcanes designados en los antiguos mapas, según sus nombres, como volcanes. La roca predominante de esa parte de la cordillera parece sin embargo, según Codazzi, ser sienita, de la cual se encuentran cantos en la arena aurífera del Caquetá; es además probable que en el Páramo de las Papas la masa sedimentaria aquí atravesada por traquita de la Cordillera Oriental que corre al Norte se apoye en los terrenos primarios de la Cordillera Central.

Además de las tres cordilleras de la Nueva Granada que, partiendo de esa región situada entre Popayán y Pasto, se dirigen al Norte, se encuentra también al NW, una pequeña cadena baja, que comienza en la orilla derecha del San Juan (4° 30'), y de una altura media de 300 metros aproximadamente: la Cordillera Costera del Baudó, que ocasiona la formación de un tercer valle longitudinal de alguna importancia. Ese valle está dividido en dos cuencas hidrográficas por una rama que forma la línea divisoria de aguas y, a los 5° 20' de latitud norte, se separa en el Cerro Caramanta (3100 metros de altura) de las ricas montañas metalíferas de las cordilleras orientales, y se dirige al Oeste. Los puntos culminantes de esa rama son: Cuchado, Dojura y Mumbú. Las dos cuencas hidrográficas que se mencionaron atrás son 1. la del San Juan que de aquí se dirige primero al Oeste luego al Sur hacia el Pacífico y 2. la del Atrato que, corriendo primero también al Oeste y luego al Norte desemboca en el Mar Caribe. Esa cadena costera occidental está constituida principalmente por capas de conglomerados, de arenas y de brechas conchíferas, como lo dije en el pasado según una comunicación verbal de Codazzi; esas capas me proveyeron una muestra de Pholas costata, que presenté a la sociedad de geólogos alemanes (Zeitschrift, etc., 1861, p. 524), y que comprueba que el depósito de esas capas no va más arriba del Terciario. En la edición de los trabajos de Codazzi publicada por Felipe Pérez ese autor confirma la descripción que di de ella en 1856 (Jeografía, etc., 1862, vol. I, 314) y dice: “La cordillera que se dirige al istmo de Panamá es llamada “de los Andes”; es la misma que llaman montañas del Darién o de Tagargona, cuya constitución geológica corresponde a la de la Cordillera Oriental de los Andes de Colombia. En la vecindad de

las alturas de Aspave (7° 15' de latitud norte) se constata la aparición de un terreno muy reciente, terciario; este forma la baja cadena llamada “la cadena del litoral”, o “de Baudó”, que de Norte a Sur se extiende de los montes de Aspave arriba mencionados hasta las bocas del San Juan (cerca de 4° 10' de latitud norte). Esa cordillera costera corre paralelamente a la Cordillera Occidental de los Andes donde predominan los pórfidos feldespáticos, etc.” Marcou por el contrario corrige mis datos de 1856 y describe esa cadena siguiendo a Maak; dice que ese macizo está formado por rocas plutónicas y que continúa inmediatamente, al Norte, en la Serranía del Darién.

Ese macizo del Darién o de Tagargona comienza, según Codazzi, en la costa meridional de la parte oriental del istmo, atraviesa este inmediatamente en dirección NE, luego sigue la costa del Atlántico por el lado del Oeste, se dirige de nuevo al Sur y describe así un arco, en la vecindad de Panamá (9° 10' de latitud norte, 79° 34' de longitud occidental), para desaparecer luego bajo las planicies cubiertas por terreno volcánico blando. Pronto sin embargo, más al Oeste (80° de longitud) esa pequeña cadena reaparece en la costa meridional del istmo y, alargándose por el lado del Oeste, se acerca a la costa norte. Su vertiente sur, más escarpada, está regada por numerosos conos volcánicos cuya masa traquítica aumenta en extensión más al Oeste y forma la Cordillera [p. 35] de Nicaragua. En la vertiente norte, menos escarpada, de esa Cordillera de Panamá, es decir la vertiente que mira al Atlántico, así como en las llanuras bajas con numerosos conos de dolerita, de traquita y de basalto, situadas entre Panamá y Chagres, yacen alternancias de tobas y de conglomerados volcánicos por una parte con brechas terciarias conchíferas por otra parte; estas últimas indican así la edad de las erupciones volcánicas de esa comarca; afloran aquí capas inclinadas de una arenisca roja y abigarrada quizás terciaria. En la zona que bordea el Océano Atlántico se intercalan a menudo en esas capas niveles de carbón.

Es al Sr. Wagner a quien debemos la primera descripción, la cual hizo de manera profunda, de esa estructura de Panamá.

En **Ecuador**, al sur de Pasto encontramos de nuevo las mismas condiciones que describí más arriba pero a una escala mucho más grande. Los conos de traquita que, en el istmo y en la Cordillera Central, y al Sur hasta Pasto, forman una serie que atraviesa aquí y allí el macizo plutónico constituido por las sienitas, granitos, neises, pórfidos y esquistos cristalinos, esos conos, digo, están remplazados aquí en el Azuay en Ecuador por una meseta formada por productos volcánicos, de 4 a 5 millas de ancho, y divididos en dos mitades longitudinales por el paso de Tiupullo, que se encuentra entre Cotopaxi e Iliniza (a los 0° 40' de latitud sur). Esa meseta está regada de conos volcánicos, traquíticos, de los cuales algunos están aún en actividad; surgieron en la vertiente occidental del macizo plutónico que se levantaba en otro tiempo aquí y cuyos restos existen aún aisladamente; sus erupciones sucesivas lo destruyeron más o menos completamente, con las capas neptunianas que se recuestan a él, o más bien parecen haberlo englobado. Algunas aristas y cimas solamente de ese macizo plutónico y metamórfico quedaron aquí y allí libres; esas cimas son numerosas sobre todo en el lado oriental de esa meseta cortada por profundos y estrechos torrentes; citemos entre otros el de Llanganate, en otros tiempos objeto de numerosas exploraciones a causa de la riqueza en oro que supuestamente tenía, mientras que solo da plata y pirita; está situado al sureste de La Tacunga (1° 10' de latitud sur); a veces llevan en los flancos capas sedimentarias ya sean verticales, inclinadas u horizontales. Frecuentemente se encuentran en las traquitas gruesos bloques, como los vi en el Azufral y en el Chimborazo, de capas o de masas enteras de esas rocas intercaladas.

Dos filas longitudinales de los más altos conos traquíticos forman los bordes este y oeste de esa meseta; entre estas se levantan otros conos más bajos. L. Dressel cuenta en Ecuador 39 volcanes propiamente dichos, muchos de los cuales, como el Antisana, el Pichincha, el Cayambe, el Igualata forman en sí mismos sistemas enteros de montañas. De Norte a Sur se encuentran:

a)En el borde occidental de la Cordillera			b)Entre los dos		c) En el borde oriental	
I Provincia de Imbabura						
1. Chiles	4780 m.	4. Mojanda	4249 m.	5. Imbabura	4582 m.	
2. Yanaurcu	4966			6. Cuvilche	3882	
3. Cotacachi	5556			7. Pablo urcu	4012	
(Cousin)						
II. Provincia de Pichincha						
8. Pululagua	3319 m.	14. Ilalo	3161 m.	18. Cayambe-urcu	5840 m.	
9. Rucu-Pichincha	4737			19. Pamba marca	4093	
10. Guagua-Pichincha	4787			20. El Puntas	4462	
11. Atacatzo	4539			21. Antisana	5756	
12. Corazón	4787			22. Sincholagua	4988	
13. Iliniza	5305	17. Los Cerros de Chaupi	3997			
III. Provincias de León y de Tunguraua						
23. Quilatoa	4010 m.	24. Putzalagua	3515 m.	25. Cotopaxi	5943 m.	
				26. Quilindaña	4919	
				27. Tunguraua	5087	
IV. Provincia de Chimborazo						
28. Carihuairazo	5016 m.	30. Igualata	4452 m.	34. Altar (Capac Urcu)	5404 m.	
29. Chimborazo	6310	31. Cerro de Calpi	3240			
		32. Cerrito de S. Antonio	2881			
		33. Tulabug	3324			
V. Provincia de Azuay						
				36. Azuav	4600 (?)	

[p. 36] Aquí se sitúan además los dos volcanes menos elevados de la costa 37. Cerro Bravo y 38. Cerro de San Vicente, más 39. El Guacamayo en la selva virgen de la provincia de “El Oriente”*.

Esas imponentes cimas volcánicas están formadas por apilamientos de capas de una traquita (andesita) compacta, oscura, a veces casi negra, o también porfirioide. Se nota así mismo, en las llanuras que las rodean, por encima de las brechas, gravas, y otros depósitos sedimentarios, coladas de esas mismas traquitas, intercaladas entre capas de toba y ligeramente porosas en la superficie, escoriáceas, a menudo separadas en forma de prismas basálticos; se encuentra además piedra pómez, la mayoría de las veces en estado de ceniza o de lapilli, a veces sin embargo en capas formadas por bloques que tienen a menudo un volumen de 100 m.c⁶ (también en las colinas de Zumbalica y de Guapalo cerca de San Felipe, en la vecindad de Latacunga al pie del Cotopaxi); además, secuencias, algunas de las cuales llegan a varios centenares de metros de potencia, de la toba volcánica (cancagua)

que envuelven fragmentos de andesita, de obsidiana y de piedra pómez.

Las vertientes este y oeste de esa meseta volcánica están generalmente cubiertas por capas neptunianas: esquistos cuarzosos y pizarrosos, brechas y conglomerados de esas mismas capas, a veces también margas, arenas y tobas calcáreas.

Existen de esos depósitos de bloques plutónicos no solamente en la parte inferior de esos contrafuertes de las cordilleras, que están formados por rocas sedimentarias o metamórficas, sino también aquí y allí, hasta en las aristas culminantes y en las vertientes superiores de los volcanes, e incluso a menudo en localidades donde me fue imposible descubrir, en la vecindad, la roca *in situ*.

Esos montones de bloques están regados por todas partes en esa comarca volcánica; allí yacen intercalados entre margas, tobas o arenas. El Sr. Visse ha observado y discutido (Comptes Rendus, 1849, XXVIII., p. 303) los innumerables bloques de traquita, diorita y sienita, etc., algunas veces de 900 m.c⁷ de volumen, que yacen, algunas veces desprendidos por las aguas lluvias, en el detrito que le pareció más reciente que el Cretáceo y que cubre

*Los volcanes cuyos nombres están impresos en negrilla sobrepasan el límite de las nieves. Las nuevas mediciones barométricas ejecutadas por Whymper son más o menos diferentes de las aquí mencionadas.

⁶NdT. Posiblemente se trate de metros cúbicos.

⁷NdT. Posiblemente se trate de metros cúbicos.

las vertientes de los Andes cerca de Quito. Algunos de esos bloques muestran superficies pulidas, pero no es triadas.

Cerca de Túquerres bloques de la misma naturaleza de esas rocas cristalinas forman potentes capas de una arenisca deleznable, que suprayace a depósitos de toba con fragmentos de andesita, y cubiertos de arenas y de margas; esos complejos de capas buzan aquí 40 ó 45° en diferentes direcciones.

En La Chorrera, bajo esas capas que llenan la llanura de Túquerres, por el lado del Guáitara, se observan escarpes de aproximadamente 100 metros de altura, compuestos por montones de bloques de rocas cristalinas (granito con feldespato rojo, esquistos cristalinos, andesita, fragmentos de columnas basálticas, etc.); descansan sobre un potente depósito de toba volcánica, de aspecto margoso. Disposiciones análogas se encuentran también en Bomboná, en el pie sur del Pasto⁸.

En La Laja, cerca del puente de Rumichaca (puente del Inca), se observa en el lodo volcánico estratificado una capa de lava traquítica, ya sea compacta, como andesita, ya sea escoriácea. Esa colada de lava descansa directamente sobre una secuencia de varios pies de potencia, de bloques y de fragmentos de andesita, de sienita, de anfíbolita o de arenisca, englobados en una toba margosa amarillenta (cancagua); algunos de esos bloques llevan aún en ellos la huella del contacto de la lava traquítica incandescente. Esas capas, tanto los depósitos sedimentarios como las coladas traquíticas, se corresponden en cada una de las vertientes escarpadas del Guáitara, y la diferencia de altura a la cual afloran esas secuencias a cada lado del torrente hace suponer que el lecho del Guáitara es debido a un levantamiento posterior que provocó la incisión de todo ese complejo. Más arriba en ese curso del Guáitara, se intercala en medio de capas similares (grava y tobas), un banco de caliza silíceas, que contiene caparazones de foraminíferos. En ese lugar los dos ríos son muy cercanos y un bloque de esa roca está aprisionado entre los dos de manera que permite el cruce del torrente. Es el Puente de los Incas (Puente de Rumichaca) que mencionan a menudo.

⁸NdT. El Pasto = volcán Galeras.

Todas esas condiciones de yacimiento demuestran, como lo anuncié ya en 1856 en la reunión de los naturalistas de Viena, que las capas de restos volcánicos, así como las lavas traquíticas que las cubren, debieron en parte depositarse en el fondo del mar, ya antes del levantamiento de las cordilleras hasta su altura actual.

La forma de los conos andesíticos habla también en favor del levantamiento de masas volcánicas ya solidificadas. Todos los conos se componen, como lo he dicho, de capas de andesita de uno a varios metros de potencia y apilados unos sobre otros. Todas las montañas andesíticas que visité [p. 37] presentan paredes verticales, de cerca de 1.000 metros de altura y de anchura; son evidentemente masas de rocas agrietadas verticalmente. Ese hecho armoniza con la deducción, que yo saqué de la disposición de las capas sedimentarias, a saber que todo ese macizo volcánico fue levantado del fondo del mar terciario. Según mis observaciones, son sobre todo los lados este y oeste de ese macizo traquítico, y principalmente esos lados de los conos tomados aisladamente, los que han sufrido esa incisión vertical. Sin embargo esas paredes desnudas y casi perpendiculares de los conos diseminados en la meseta se ofrecen igualmente bien al observador en otras orientaciones y uno no tarda en reconocer en ellas la estratificación (o división en placas) de la masa rocosa, que a primera vista parece ser de un solo bloque. El Azufra, el Cumbal y el Chiles, volcanes situados cerca de las fronteras de la Nueva Granada y del Ecuador, al lado oeste del altiplano, que comienza aquí, aparecen, vistos del Este en la dirección de la meseta, como domos redondeados, y están cada uno, en su pie occidental, agrietados por fisuras que irradian en abanico, casi verticales, y de profundidad de 300 metros aproximadamente, que se estrechan cerca del centro, es decir cerca de la cima y se ensanchan más o menos hacia la periferia.

Para el viajero no al corriente de esos hechos los bordes, cubiertos de árboles o de matorrales, de esas paredes desnudas y que caen sin transición casi verticalmente, no dejan de ofrecer algún peligro. Encontrándome una vez en la vertiente oeste de las regiones superiores del Chiles, me sucedió de pronto perder pie cuando, habiéndome aventurado en una maraña de raíces, miraba debajo de mi el torrente que se arremolinaba 300 o 400 metros

más abajo. En el Azufra se puede pasar una de esas grietas, bastante cerca de su extremidad superior, sobre una laja de roca aprisionada entre sus bordes, y que sirve de puente natural – como los de Rumichaca y de Icononzo (página 30) – de allí se puede contemplar a vuelo de pájaro el espectáculo de todas maneras encantador que se ofrece a nuestros ojos: debajo del espectador los vuelos de Guácharos* que juegan en la semi oscuridad proyectada por la grieta, anidando en la parte superior de esta, en su extremidad central, cubierta de vegetación y situada cerca del cráter occidental, el más elevado; ellos se lanzan un poco hacia afuera, en la parte más ensanchada de la grieta (aproximadamente 35°), en el fondo de la cual, unos 1.000 metros más abajo, un fresco verdor brilla con todo su esplendor ante los rayos del sol.

En la vertiente oriental de esa cordillera, en las fronteras de la Nueva Granada y el Ecuador, encontré las pendientes del Troya agrietadas de la misma manera; las paredes de esas grietas estaban aquí y allí divididas en prismas verticales de dimensiones colosales. En una de esas paredes casi verticales, aunque cubierta de árboles y de matorrales, un camino en zigzag a manera de escalera me condujo de las cimas áridas y frías del páramo al paisaje exuberante del Maraón superior, que se extendía inmediatamente debajo.

Es difícil admitir que esas masas de rocas hayan salido del seno de la Tierra en su forma actual, sin modificación; su nacimiento solo se deja explicar por una presión al mismo tiempo vertical (de abajo hacia arriba) y lateral, actuando desde el interior de la meseta de los Andes, por la cual las partes exteriores e inferiores de las vertientes de los volcanes laterales, partes situadas por debajo del nivel de la meseta, fueron empujadas hacia afuera por compresión y así mismo agrietadas en forma de abanico.

En el volcán de Chiles, alto de 4840 metros, cubierto de nieve y cuyo cráter se encuentra en la vertiente sur por debajo del límite de las nieves perpetuas potentes capas de conglomerado traquítico cubren las partes noroeste

de esas rocas agrietadas y forman la región superior de una pared vertical de aproximadamente 1.000 metros de altura. Probablemente esa capa compuesta por bombas, escorias y cenizas volcánicas fue levantada con la lava traquítica infrayacente, agrietada verticalmente al mismo tiempo que ella, y aislada así del mismo cráter, del cual esa parte está ahora separada por un valle bastante ancho.

El volcán cónico de Cumbal (4890 metros), de la cima del cual se escapa continuamente humo, se levanta cerca de 1700 metros por encima de la llanura de Túquerres; su cima abrupta está, con una altura de aproximadamente 100 metros, cubierto por un manto de hielo transparente, que en una ocasión en que lo exploré por medio de escalones tallados en el hielo, estaba desprovisto de nieve; la cima es plana y libre de hielos; se compone de lapilli amarillo-blancuzco, proveniente de la descomposición de la andesita por vapores sulfurosos, que mezclados con el vapor de agua surgen de todas partes, sobre todo del lado del Oeste, de esa meseta de algunos centenares de pasos de ancho. Sobre ese lado occidental se encuentra, un poco debajo de la cima, el cráter propiamente dicho a donde Boussingault llegó a pesar del gas ácido sulfuroso que se escapa de él y que, por un viento continuo del Oeste, me impidió hacer el ascenso. Una quebrada bastante considerable, de la cual quise beber, después de mi almuerzo, cuando había llegado aproximadamente a los $\frac{3}{4}$ de la altura**, me sorprendió por su fuerte acidez, que me pareció más concentrada [p. 38] que la del célebre río Vinagre en el Puracé. El ácido de esa corriente de agua se

*Este pájaro raro y maravilloso (*Steatornis caripensis*), descubierto inicialmente por Humboldt en Caripe en Venezuela, en los montes de Cumaná (p. 9) donde su especie está bastante extendida, se encuentra también, en la Nueva Granada, en la cueva de Tolumí (p. 320) y en la grieta de Icononzo.

** Mr. J. Roth publicó en la “Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft, Berlin, 1874” una carta de Mr. Reiss en la cual pone en duda la veracidad de mi afirmación de haber hecho en un día el ascenso del volcán de Cumbal, a partir del pueblo de ese nombre hasta la cima. Mr. Roth al publicar aquello, no sabía probablemente que Boussingault alcanzó la cima del volcán (4761 metros) dos horas después de haber salido de Cumbal (3219 metros); yo empleé algunas horas más, porque hice todo el camino a pie y me detuve para herborizar. En la misma carta Mr. Roth publica la noticia de que no solamente ese Cumbal, sino además los volcanes de Chiles y de Imbabura habían pasado por cimas vírgenes! Yo escalé el Imbabura hasta el borde del cráter, solo, sin ninguna compañía, después de haber almorzado en Ibarra, y estuve de regreso en la ciudad a las 5. Es difícil creer que yo fui el primer escalador de esa montaña, cubierta por la hierba hasta el cráter. Mr. Roth no conocía probablemente ni mi descripción ni mi dibujo del Imbabura “Geognostische Verhältnisse etc. Pág. 97, perfil IV, 1856”.

compone según Humboldt de ácido sulfúrico y de ácido hidrocórico, resultado confirmado por Rivero.

El hielo que, con un espesor considerable, envuelve la cima del cono, es compacto y translúcido como el hielo de los glaciares alpinos. En el borde inferior encontré en la masa azul transparente de ese hielo una excavación espaciosa. Whymper, quien escaló la mayoría de las cimas nevadas del Ecuador hasta su punto culminante y midió su altura con el barómetro, llama esas masas de hielo simplemente glaciares; solo lo son sin embargo en cierta medida: pues dada la uniformidad de temperatura del verano y del invierno bajo los trópicos, esos casquetes de hielo de las montañas ecuatoriales no se adelantaron en la parte baja del valle, empujando delante de ellas las morrenas y puliendo las rocas; esas masas solo compensan al contrario por las caídas de hielo granulado o de nieve en la superficie lo que ellas pierden en espesor en su profundidad; hay que compararlas con los ventisqueros (Firn) de los Alpes extratropicales.

El Azufra, de una altura de 4.000 metros, es una pequeña cadena andesítica que corre del NW al SE; está formado por coladas de lava traquítica apiladas unas sobre otras, agrietadas en diferentes direcciones, o comprimidas lateralmente (después del levantamiento general); sus vertientes están cubiertas en parte por las masas de desechos que describí en la página 36. En las líneas de la cima se reconocen distintamente al menos dos cráteres ahora apagados, de los cuales el del sureste, colmado por un pequeño lago de color verde, desprende vapores de agua cargados de ácido sulfuroso y de hidrógeno sulfurado; el cráter del Noroeste, al contrario, rodeado de altas paredes traquíticas perpendiculares, deja escapar un gas seco, inodoro, mortal (ácido carbónico).

Cada uno de los volcanes de las cordilleras tiene su historia particular; en cada uno se encuentran circunstancias especiales desde el punto de vista de la materia, la potencia y de la disposición de las rocas blandas y de los restos que los cubren, así como al de las rocas⁹. Según parece, todos esos volcanes han sido formados por la superposición de esas rocas en capas o en bancos, y

aparecen como las variedades de una masa fundamental compuesta por los mismos elementos; variedades cuya génesis encuentra su explicación en la diversidad de constitución química de las masas rocosas que las originaron por su fusión, así como en la diversidad de las condiciones físicas bajo la influencia de las cuales tuvo lugar la solidificación de esa masa.

Fue ya en 1856 en Viena cuando yo expuse en la reunión de los geólogos esos conceptos sobre la formación de los volcanes por apilamientos de capas de traquita (*Geognostische Verhältnisse*, etc, p. 90, 91, 95, 99); ellos no concuerdan con la opinión de Boussingault quien, por su estudio del Chimborazo (*Annales de Chimie* etc., 1835) creyó adquirir la convicción de que esos conos volcánicos se componen de brechas con fragmentos angulosos, las cuales en ocasión de la erupción de gas del interior de la Tierra, habrían sido acumuladas por encima de su yacimiento primitivo, el canal volcánico actual (aproximadamente como el Monte Nuovo cerca de Nápoles). En cuanto a ese yacimiento primitivo, Boussingault cree haberlo observado al pie del Chimborazo, en forma de una traquita levantada contra ese volcán, no estratificada, pero agrietada en todas direcciones.

En las vertientes del Puracé, del Pasto, del Azufra, del Chiles, del Cumbal, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo, etc., se observa muy a menudo una división en columnas basálticas alargadas, con 4 a 7 lados, que afecta las lavas traquíticas que han surgido en varias ocasiones después del levantamiento general de la cadena de los Andes (levantamiento que además no tuvo ciertamente lugar en toda la cadena al mismo tiempo). La extremidad exterior o superior de esas columnas es perpendicular a la superficie de la lava; cuando una división en placas interviene, la superficie de las columnas es normal a la de las placas de la roca, cuyo enfriamiento desigual es la única causa. A veces esa división es tan regular, que los ingenuos habitantes de esas comarcas las toman por construcciones levantadas por los Incas; es sobre todo el caso de aquellas de la parte inferior de las coladas de traquita o de otras formaciones basálticas.

Algunas de esas supuestas construcciones, por ejemplo las del “Pie del Azufra” y de Inzá al pie oriental del

⁹NdT. Se traduce textualmente; probablemente hay un error en la frase de Karsten.

Guanacas, fueron destruidas con gran esfuerzo por los habitantes de la vecindad con la esperanza de [p. 39] encontrar en ellas tesoros de los Incas. – Ese basalto de Inzá no pertenece, desde el punto de vista orictognóstico, a la serie de los demás; sus columnas muy irregulares, acostadas, no se deben, como todas las que ví en Colombia, al enfriamiento de la lava traquítica, sino que están constituidas por una mezcla de arena y de brechas de sienita de gruesos cristales* y otras rocas plutónicas de misma naturaleza, que todas juntas forman la cima de una colina de aproximadamente 100 metros de elevación (si no es toda la colina entera); esta se apoya, en el estrecho valle de Inzá, en una pared traquítica de los Cerros de los Ullucos, de algunos centenares de metros de altura, y vertical, en cambio las vertientes escarpadas del Guanacas, que se compone aquí de rocas plutónicas, forman los flancos opuestos del valle. Probablemente esa localidad había sido primitivamente rellenada por los detritos de rocas cristalinas plutónicas que, calentadas por las masas incandescentes de la traquita que forma ahora el lado derecho del valle, fueron al mismo tiempo, al lado izquierdo de esta (el lado de Guanacas) arrastradas y enfriadas por las aguas corrientes; mientras tanto, el estado incandescente traído por la andesita facilitaba la división de los detritos fríos por una parte, calentados por otra, en columnas basálticas, división cuya diferencia de temperatura era la causa primordial. – Cuando la superficie de la cima de la colina había ya sido quitada vi una extremidad de ese paquete de columnas acostadas llegar en ángulo recto al flanco de esa colina dirigido contra el valle, mientras que la otra extremidad se adosaba a la pared de andesita. Las columnas se dejaban quitar intactas como prismas basálticos; pero ellas se descomponen y se destruyen pronto al aire**.

Apoyándose en esa formación basáltica y en las traquitas de Inzá, se encuentran en las pendientes inferiores calizas y esquistos margosos vidriados; los moluscos fósiles del Cretáceo, que son muy evidentes en otras capas si-

tuadas en la vecindad pero aguas abajo y que pertenecen muy verosíblemente al mismo sistema, ya no son reconocibles en el grupo arriba mencionado; mientras que en este último complejo, se encuentran *Inoceramus Roemeri* Krst. (Plancha V), *Baculites granatensis* Krst. (Plancha II), *Baculites Maldonadi* Krst. (Plancha II), *Ammonites Leonhardianus* Krst. (Plancha II), *Am. Mosquerae* Krst. (Plancha II).

En el momento actual, la actividad de las fuerzas volcánicas de esa región que causó la erupción y el desbordamiento de las lavas de andesita, está relativamente apagada; al menos parece que ya no pueda provocar el ascenso de las rocas en fusión hasta la altura actual de esas montañas ecuatoriales. Ni yo, ni mis antecesores Humboldt y Boussingault han descubierto lavas recientes; Schmarda también me comunica, en una carta, que en su camino a través del Ecuador y la Nueva Granada no encontró ninguna.

Los antiguos autores no hacen ninguna mención de coladas de lava durante erupciones volcánicas del Ecuador; y ahora esos volcanes solo lanzan pedazos de andesita descompuesta, lapilli y ceniza, productos de rocas descompuestas. En estos últimos diez años, es verdad, algunos viajeros alemanes publicaron notas sobre desbordamientos de lava en esos volcanes ecuatoriales; pero un análisis profundo demuestra sin embargo que esas afirmaciones son los productos de una idea preconcebida.

Wolf emite una opinión (*Leonhard Neues Jahrbuch* etc., 1875) según la cual varias coladas de lava pueden ser demostradas como pertenecientes a los tiempos históricos; esa afirmación pierde tanto más su similitud cuanto que, si se leen sus propias expresiones, él se cree autorizado a admitir corrientes de lava, allí donde se observan inundaciones de corrientes de agua que bajan de los volcanes, y allí donde escritores anteriores hablan de torrentes de lodo o de agua.

La pobreza de muchas de esas alturas traquíticas en materia de vegetación despierta, cuando se les ve de lejos por primera vez, la idea de que coladas de lava habrían tenido lugar en una época muy reciente; pero ella comprueba tan poco su existencia como lo hace esa misma denudación en el sur de Francia.

*Por un error de la redacción cuando se imprimió mi informe “Geognostische Verhältnisse Neu-Granada’s, Viena, 1856” se lee p. 91 “Traquita” en lugar de “Sienita”.

**Vi formas similares de columnas basálticas afectar rocas clásticas en el Cabo del Gato en el sur de España.

Así mismo, solo aquel a quien los escenarios alpestres y las leyes de la física son totalmente extrañas puede creer con Wolf y Reiss, que las aristas con salientes sean lavas modernas, por el solo hecho que la nieve las cubre en una menor altura y durante un tiempo más corto que sus alrededores, que están ocultos bajo los detritos.

En favor de la opinión que emite, Wolf (Verhandlungen des naturhistorischen Vereines für Rheinlande und Westfalen 1878) reporta las comunicaciones verbales que le hicieron habitantes de Mulaló, a saber que el 26 de junio de 1877, a las 10 de la mañana, una masa negra salió del cráter del Cotopaxi, como sopa espesa de maíz en ebullición se escaparía de una olla, una masa que salía al mismo tiempo del [p. 40] punto más bajo como del punto más alto del cráter (la diferencia es de aproximadamente 40 metros) – ya, desde el 21 de abril, habían tenido lugar erupciones de cenizas y de fragmentos de roca incandescentes, que se repitieron a una mayor escala el 25 de junio, cuando, desde las 6 de la mañana, el cráter de ese volcán había comenzado a lanzar una lluvia de cenizas. – De inmediato la montaña se ocultó a las miradas de los espectadores; pues la ceniza empezó a caer más apretada y oscureció la luz del sol hasta Quito. Los observadores tomaron la masa negra por una mezcla de lodo y de agua; pero Wolf la llama ahora “una lava fluida incandescente”, a pesar de que el ascenso a esa montaña hasta el cráter no le haya en ninguna parte mostrado flujos de lava continua. De inmediato se precipitaron de todos los lados de la montaña torrentes de lodo que causaron inmensos destrozos en las comarcas habitadas. Dos meses y medio después de esas supuestas coladas de lava Wolf encontró el borde del cráter “constituido por bloques de roca desnuda (antigua lava)” y, así como las superficies externa e interna del cráter, cubierto de “bloques de lava” (Lavaklumpen), que medían hasta 1 metro de diámetro (había en el cráter algunos mucho más grandes) y estaban cubiertos en todo su alrededor por una costra vitrificada, de manera que parecía “que todos hayan caído de la atmósfera sobre el cono del volcán”; de ellos, según las observaciones que yo hice en ocasión de la erupción de 1853, esa explicación es la más natural que se pueda dar. En el cráter, Wolf no encontró en ninguna parte flujo continuo de lava (p. 153) que él designaba al comienzo

de su nota con el nombre de “lava fluida incandescente” (p. 23), y de la cual dice p. 125, que debía haber estado muy caliente y notablemente fluida; pero solo constató “bloques de lava” apilados, por lo cual él llama ahora (p. 155) a esas masas eruptivas una “corriente de bloques de lava”. – Vapores calientes y gases se escapaban entre los “bloques de lava”, que tenían un calor de 40°.

Resulta de todo aquello que la masa negra que, a las 10 de la mañana del 26 de junio de 1877 salió del cráter solo eran grandes cantidades de ceniza de lapilli y de “bloques” que se esparcieron en la atmósfera según su peso, ya sea oscureciendo el aire, ya sea cayendo pronto sobre el manto de nieve y de hielo que empezaba a fundirse, y que no corrió ni una sola pizca de lava fluida incandescente de la cual habla Wolf, la cual habría embadurnado las rocas del cráter, compuestas de vieja lava. Las “coladas de bloques de lava” de Wolf solo son los fragmentos desmoronados, escoriáceos de traquitas expulsados durante las erupciones y que al caer de nuevo sobre el volcán rodaban por las pendientes y se amontonaban en sus grietas.

Dressel comunica una observación de Martínez (Leonhard Neues Jahrbuch etc., 1879) que este hizo desde Pichincha el 23 de agosto de 1878; Martínez vio en la cima del Cotopaxi una inmensa columna de humo que, a pesar de un violento viento del Este, se levantaba perpendicularmente del cráter, y a medio día y cuarto, por el lado sureste del cono, salieron del cráter dos flujos de lava incandescentes, envueltos por un manto de vapores gris-blancuzco; en la noche siguiente se escapa también de la cima, de vez en cuando, lava incandescente.

Esos datos me parecen sin embargo depender de la teoría del geólogo oficial que enseñaba entonces la geología en Quito; pues a medio día es imposible reconocer una corriente de lava en forma de franja incandescente; y esa corriente no es suficientemente visible de Pichincha, si fluye por encima del borde sureste del cráter del Cotopaxi, que es el punto más bajo, y que está oculto a las miradas por la cima noroeste.

A la misma categoría pertenecen también las notas de Reiss (Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft 1874): él dice haber visto en 1873, del Sangay, que está alejado de él 8 millas, escaparse de los flancos del volcán un torrente de lava que debía haber durado al menos 8 años.

Stübel quien, en 1872, solo estaba a 4 millas de distancia del Sangay y reconocía distintamente el pequeño cono interior, en actividad, que se encontraba en medio del gran cráter y del cual sobrepasaba los bordes, Stübel no habla (Giebel *Zeitschrift für gesammte Naturwissenschaft* Bd. VIII., 1873) de ese flujo de lava de Reiss el cual su observador, situado en línea recta a una distancia de 8 millas, vio aún distintamente surgir del cráter, como un torrente que a lo largo de su curso se cubrió de escorias y se dividió en varias ramificaciones.

Sobre la influencia de los recientes exploradores se basa también la opinión que corre a propósito de una erupción de lava del volcán de Pasto (Galera) en 1866. Pedí al Sr. Posada Arango (de quien hablé en la página 32) darme informaciones sobre el verdadero estado de las cosas. Esto es lo que me respondió ese sabio que ha merecido mucho de la historia natural de la Nueva Granada y que se ha dado a conocer por numerosas publicaciones: “Es indudable que ninguna erupción de lava ha tenido lugar en el volcán de Pasto; a lo máximo ha “lanzado llamas, expulsado ceniza, piedras incandescentes y agua hirviente. Es sin duda ese lodo, esa mezcla de ceniza y de agua, las que un observador superficial habrá tomado por lava.”

Creí reconocer una confirmación de ese enunciado en una comunicación del Sr. Rojas, quien, [p. 41] refiriéndose a los sabios alemanes entonces presentes en Pasto, había dicho a J. Triana que en la erupción del Galeras por el lado del Guáitara, la lava arrojada había destruido muchas haciendas sobre las cuales se había extendido y que uno de los propietarios de esas fincas había encendido su cigarro en esa masa incandescente. Es claro que esa masa no es una corriente de lava en fusión, sino que son piedras incandescentes arrojadas por el volcán; pues las haciendas solo comienzan a una distancia de varias leguas del cráter, el que el Señor hacendado ciertamente no habrá visitado durante el tiempo de la erupción*. El Sr. Rojas se basó, para la opinión de que el Galeras hubiese verdaderamente vomitado lava, en el testimonio

de los dos naturalistas que estaban en ese momento en Pasto, y que no hubiesen podido llegar al cráter mismo por causa de los vapores y del humo que de él se escapaban; ahora bien ellos señalaron en él al contrario numerosos cambios de minerales. Es lo que Stübel confirma de cierta manera al decir (Globus 1869, p. 360) que tuvieron que regresar sin haber logrado su proyecto; mientras que Reiss afirma que durante esa erupción la Caldera se habría llenado de lava (*Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft* 1872, p. 380).

Por lo demás no hay ninguna objeción teórica para admitir que aún hoy pueda salir lava del más alto volcán de los Andes; es lo que expuse en mis “*Erinnerungen aus den Cordilleren über Vulkane und Erdbeben.*” (*Die Natur. Halle* 1877), destinados a explicar la teoría del vulcanismo.

Falta sin embargo aún, para esos volcanes del altiplano ecuatorial, la confirmación confiable sobre una erupción de lava. Se ven en efecto coladas innumerables de traquitas de la época terciaria; es lo que yo expresé en una primera publicación sobre el Ecuador, donde di también una explicación bien sencilla de la génesis de las erupciones de lodo y del “lanzamiento de peces” por los volcanes.

Bajo la acción continua de los vapores de agua sobrecalentados y de las violentas detonaciones se forman también a veces grietas y fisuras en el cráter o en sus laderas, fisuras que ofrecen al interior del volcán salidas fugitivas, y las que escorias y cenizas vienen a rellenar más tarde. En Baños al pie noreste del Tungurahua tuve la ocasión de conocer los efectos de un evento similar. Alrededor de 70 años antes de mi llegada se habían producido aquí, con un ruido y un redoble formidables, un movimiento y un levantamiento del suelo, en una quebrada que comenzaba en la vecindad del cráter; mientras tanto se exhalaban vapores calientes y gases. Ese desgarramiento y ese levantamiento del suelo comenzaron en la parte superior de la quebrada y continuaron aguas abajo, donde era mas amplia. Un fértil valle situado en esa localidad, sembrado de caña de azúcar, y donde se encontraba un molino para ese uso, fue completamente destruido por la dislocación y el levantamiento del suelo andesítico; sin embargo ese movimiento del suelo, que

*Incluso los autores recientes confunden las piedras incandescentes lanzadas por el volcán con lava. Así Felipe Pérez dice en la *Jeografía general* etc. 1865 página 277: “La Sierra Nevada de Santa Marta hizo su postrera erupción en 1565, lanzando, lava a más de 20 miriámetros i oyéndose su detonación a inmensas distancias.”

duró de 4 a 6 semanas, así como ese débil levantamiento, ocurrieron tan lentamente y con tanta regularidad, que los propietarios del ingenio pudieron poner toda su herramienta en lugar seguro. Es lo que me contó el hijo del entonces propietario, establecido ahora a un cuarto de hora de la habitación precedente; él había ya sido testigo ocular de ese acontecimiento y conocía, por los relatos de todos sus parientes, todas sus particularidades. Ninguna erupción de lava había entonces sido observada.

Durante mi visita además yo constaté esa descorazonadora devastación, en el sitio donde en otros tiempos había murmurado un riachuelo fertilizante; ella era reconocible por la acumulación en forma de muralla, y casi sin vegetación, de bloques redondeados, pulidos, de un metro y más de volumen, de una andesita absolutamente compacta. En el primer momento contemplé con asombro ese fenómeno enigmático, del cual yo no me explicaba la causa, hasta que, poco después, recibí las sorprendentes informaciones que preceden. No pude descubrir huella alguna de escorias volcánicas que, en medio de ese amontonamiento de masas de andesita compacta y firme, habrían podido hacer suponer una lava en otra época fluida, que habría actuado como motor.*

Un fenómeno similar sucedió en noviembre de 1847 en Chile entre los volcanes Descabezado y Cerro Azul, de 1624 metros sobre el nivel del mar; 35 – 45 hectáreas de praderas fértiles fueron aniquiladas por el levantamiento de inmensos bloques formando un amontonamiento de alrededor de 100 metros de altura; aquello ocurrió con una sucesión de detonaciones [p. 42] formidables. Aquí también Domeyko, quien acudió al sitio dos años más tarde, no notó ni cráter ni corriente de lava.

*Ya en 1856, en Viena, leí en la reunión de los geólogos alemanes comunicaciones sobre el relato de los habitantes de ese valle destruido tan singularmente; las repetí en 1873: *Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft*. Wolf sin embargo, en 1875 (*Leonhard Neues Jahrbuch für Mineralogie*, etc.) toma esa catástrofe por una colada de lava ordinaria. Al mismo tiempo, se refiere a una carta del Sr. Dr. Stübel (Giebel, *Zeitschrift für gesammte Naturwissenschaften* 1873) al Presidente de la República, en la cual ese sabio describe una corriente de lava del Pondo sobre el Tungurahua que, según su opinión, habría corrido en el siglo pasado, y una segunda que habría salido del cráter terminal de ese volcán. Wolf identifica sin otra consideración el muro de bloques de andesita que yo había descrito como una de las coladas mencionadas por Stübel, y sin embargo este no dice una palabra de la localidad de la que yo hablo, la cual probablemente no vio siquiera.

En el Tungurahua el distrito vecino que se salvó de esa destrucción está constituido por una antigua colada de lava traquítica de superficie casi horizontal, escoriácea y porosa, y dividida irregularmente en prismas verticales.

Probablemente esa lava fue agrietada durante un levantamiento ulterior que preparó el curso actual del río Pastaza, cuyo lecho está aquí flanqueado por márgenes perpendiculares de 10 – 12 metros de altura, entre los cuales el riachuelo que corre debajo de los bloques de andesita de los que se hizo mención se dirige hacia lo que fue el cultivo de caña de azúcar.

En diferentes sitios se escapan entre los montones de bloques de andesita vapores y fuentes calientes, que contienen ya sea gas sulfídrico, ya sea sulfatos y sal gema. En la vecindad de la corriente de agua emana de ese montón de escombros tan gran cantidad de ácido carbónico que los pájaros y otros pequeños animales perecen por él. Es un fenómeno que observé también en el Azufral, ahora reducido a la actividad de una solfatara; lo vi allí en la altura occidental, en los alrededores de la grieta del Guácharo (p. 37). En diversos sitios el cloruro de sodio sublima con los vapores de agua y se deposita aquí y allí sobre los bloques de roca. Sucede lo mismo en una toba volcánica de la vecindad, donde ese mineral está presente en tal cantidad, que cuando el que se trae de la costa de Santa Elena llega a faltar, se le puede explotar sometiendo la toba a un lavado; así mismo en Salinas en las vertientes del Cotacachi, en la vecindad de Ibarra (p. 33).

Las emisiones ordinarias de lava fluida, bombas y cenizas no tuvieron lugar, como lo he dicho, en esa erupción del Tungurahua.

Un poco más al Norte se puede constatar que esa capa de lava traquítica limitada por ese muro de bloques, al cual provee quizás los materiales, corrió por encima de un lecho de bloques de los esquistos cristalinos plutónicos o volcánicos. Una fuente sulfurosa y ferruginosa, de 54° 4' (la más caliente de esa volcánica República del Ecuador) surge en el límite de la lava y de los depósitos de bloques. La roca plutónica que fue levantada y penetrada por la traquita forma aquí la orilla occidental del Pastaza. Alternando con rocas de igual naturaleza, y margas, se encuentran en el lado norte del Tungurahua 3 capas de andesita, de una potencia de 3 a 6 metros.

En el año 1853 pude ver cuáles eran las consecuencias de la formación de una grieta como esa en los flancos del Cotopaxi (6.000 metros de altura aproximadamente). Fue en la ciudad de Latacunga (también Lacta cunga) que está alejada 6 millas de él; los habitantes se creyeron entonces expuestos al peligro de ser sepultados ellos y sus habitaciones por las olas que se precipitaban de la montaña. Era el 14 de septiembre. Quince días antes había comenzado, después de un largo período de tranquilidad, una nueva erupción, y una grieta de aproximadamente 300 metros de longitud, que bajaba del cráter, le había abierto su manto; de él se escapaban torrentes de gas luminoso durante la noche. En aquella época vi la mitad superior de la montaña cubierta de nieve y de hielo. A intervalos de tiempo determinados, cortos, vi una columna de fuego, - similar a la de vapores y de cenizas, de color gris blancuzco, que se levantaba durante el día, - aparecer perpendicularmente encima del cráter, luego hundirse de nuevo poco a poco. En el momento en que esa columna vertical, luminosa, hubo alcanzado su más grande altura, una colada luminosa también empezó a bajar del cráter, serpenteando, como una lengua de llamas, hasta un punto determinado, apareciendo siempre en el mismo sitio del cráter y allí, subiendo hacia este a medida que el ramo de llamas vertical parecía hundirse en él de nuevo. Ella ponía en evidencia la grieta que, un poco más abierta hacia el cráter serpenteaba en sus flancos y cuyos gases sobrecalentados se escapaban, no pudiendo ya pasar por el mismo cráter, impedidos como estaban por la presión de la columna de productos de la erupción que pesaba sobre ellos. Los dos fenómenos luminosos formaban probablemente un conjunto solidario, ambos tenían el mismo color, ambos eran sin ninguna duda de igual naturaleza; su aparición y desaparición eran dependientes una de la otra y subordinadas a la misma causa; la regularidad con la cual todo aquello ocurría daba a esa luz constante de un rojo amarillento, algo de uniforme, de muerte. Otros naturalistas, en otras ocasiones, pensaron que tal fenómeno luminoso solo era el reflejo de la superficie de una masa incandescente que en el interior del cráter sería liberada de vez en cuando de su corteza solidificada. Contra esa manera de ver hablan varios hechos; la formación del torbellino progresivo de la columna de fue-

go, y la aparición tardía como parecería caprichosa de la colada luminosa que, bajando del cráter ensanchándose y serpenteando no pasaba sin embargo nunca de un punto determinado. Un reflejo como ese debía manifestarse encima de todas las aberturas existentes, por lo tanto también encima de la grieta lateral, con su gran anchura y sus paredes verticales; allí también habría podido alternativamente iluminar la atmósfera y desaparecer, en caso de que una lava [p. 43] incandescente en fusión hubiese brillado encima de su costra en proceso de enfriarse, de solidificarse, y de agrietarse. Por otro lado, en ese caso de una erupción de lava fuera del cráter, la columna luminosa vertical, junto con el acercamiento de la lava hasta el borde del cráter, se habría ensanchado hacia lo alto, es decir, habría tomado la forma de un cono invertido, hasta cuando la lava hubiese comenzado a regarse por uno de los lados; nada de eso sucedió; y si cualquier corriente de lava hubiese sido expulsada del volcán por los gases en erupción, lo habría sido antes, y no después del remolino de esos gases en columna vertical; además una corriente de lava se habría muy verosímilmente alargado y extendido durante las semanas que habría durado su erupción intermitente.*

Las chispas proyectadas del cráter en la atmósfera describiendo amplios arcos de círculo, al mismo tiempo que la columna luminosa está en su período más violento (es decir al comienzo); las masas de rocas y de escorias que se lanzan en todas las direcciones y vuelven a caer sobre el volcán; el redoble y las detonaciones que acompañan a esas erupciones, y que se pueden comparar al ruido de un trueno lejano o al de un mar tempestuoso; todo aquello reconoce como causa, como lo he dicho, gases (vapor de agua) sobrecalentados. Probablemente en estado de burbujas de gas, se abren ellos su camino, desde la profundidad, a través de la chimenea del volcán cerrada por la lava en fusión; ellos vuelven las rocas incandescentes entonces a su paso en las grietas y hasta la

*Wolf (Leonhard, "Neues Jahrbuch, 1878") menciona esos fenómenos, que yo mismo describí en detalle ya en 1856 (en Viena) y en 1873 (Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft); les cita como una erupción de una gran corriente de lava! Como yo lo hacía notar más arriba, página 39 él cree poder explicar con una erupción de lava cada inundación causada por un volcán.

desembocadura del cráter, descomponiéndolas y erosionándolas, y arrastrándolas consigo, así como los restos de corteza de lava que ellos desgarran en camino; entonces también, acompañados por todos esos restos incandescentes que proyectan por todos lados como raquetas en los flancos de la montaña, forman la columna luminosa, que aparece en el paroxismo de la erupción, para oscurecerse luego poco a poco, con un ruido de trueno, como consecuencia de su enfriamiento progresivo al contacto con el aire atmosférico.

La majestad ya grande de ese fenómeno quedaba además resaltada por los relámpagos y los truenos que salían de una nube oscura concentrada alrededor del cráter, con un tiempo absolutamente calmado, y que dispareaban encima.

Como ya lo anoté fue solamente 15 días después de esa erupción cuando se produjo la inundación del valle de Catuche, en el pie oeste del Cotopaxi. Los habitantes del pueblo de Machachi fueron despertados, el 14 de septiembre, a las 2 de la mañana, por un rumor que silbaba, probablemente causado por el deslizamiento súbito de grandes masas de hielo y de nieve, que desde 14 días antes habían sido embebidas y socavadas por el agua; esta se debía naturalmente a la fusión del hielo vecino de la nueva grieta del cráter y de la nieve cubierta por lapilli y por cenizas incandescentes. Llegadas al pie de la montaña, en regiones más cálidas, esas masas empapadas de agua fundieron rápidamente y alcanzaron una hora más tarde la ciudad de Latacunga, 6 leguas distante de allí. El río, que en ese sitio tiene orillas planas, se infló hasta 4 metros de altura y 60 de anchura, arrastrando incluso hasta allí bloques de andesita de medio metro cúbico de volumen, que en un agua de 8° de temperatura estaban aún tan ardientes, que se podían encender en ellos cuerpos inflamables (cigarrillos, vestidos, etc.).

Similares inundaciones de las comarcas situadas al pie de volcanes nevados son cosa frecuente en las cordilleras; el pueblo las considera erupciones acuosas que arrastran incluso peces del interior de la Tierra. Esos peces que bajan con el agua de las nieves no provienen sin embargo del interior, sino de las vertientes del volcán. Yo mismo, en el volcán del Azufra, encontré en el nacimiento de los surcos de agua entonces secos y protegidos por

la hierba, siluros parecidos a tresespinas (*Pimelodus Cyclopum*) de aproximadamente 1 decímetro de longitud que reptaban aquí y allí con la ayuda de sus aletas pectorales osificadas acantoides, probablemente esperando las caídas atmosféricas frecuentes en esa región. Peces de la misma especie han sido a menudo arrastrados, en ocasión del deshielo súbito de las nieves, por el agua que se precipitaba entonces del volcán, mezclada con la ceniza volcánica depositada en los flancos de la montaña.

En la erupción del Cotopaxi que yo observé no se mencionaron peces. Pero varias personas de Ibarra me hablaron de un caso similar sucedido en Imbabura (quizás el mismo caso ya señalado por Humboldt) y que habría ocurrido a escala tan grande que la descomposición de los peces muertos (*Preñadillas*, *Pimelodus*) habría causado fiebres de las cuales habrían muerto muchos habitantes de la comarca. - El Imbabura no estaba en actividad en la época en que lo visité; y su profundo cráter, rodeado por paredes traquíticas negras despedazadas, estaba desprovisto de agua; su cima no llega al límite de las nieves; y así mismo, antes y durante la inundación de San Antonio no debe haber manifestado fenómenos volcánicos. El [p. 44] lago de San Antonio, situado al pie de la pared aquí casi perpendicular del Imbabura, contiene siempre una gran cantidad de las pequeñas preñadillas (alimento de las clases pobres), y debía entonces haber salido de su lecho sobre los campos que lo rodean. Yo concluí, después de haber tomado buen número de informaciones y de datos en San Antonio mismo, que ese desbordamiento había sido causado por la caída de un bloque de roca precipitado en el lago desde la cima del Imbabura; la ola había devastado los campos circunvecinos, y los peces dejados en lo seco en el campo habían perecido y causado las fiebres mortales; así mismo la humedad del suelo había sido otro factor. Una explicación similar de esa erupción de lodo del Imbabura con peces, que se había convertido en una verdadera leyenda entre la población, coincidiría con la observación siguiente que yo hice en 1854, que el profundo cráter de forma de embudo de ese volcán no contiene huella de arena ni de agua.

Si una salida algo considerable de ceniza volcánica ha ocasionado una fusión del hielo, y que más tarde esa ceniza ha sido arrastrada por las aguas, el pueblo atribuye

inmediatamente al volcán una erupción de lodo. En 1803 por ejemplo una colada de misma naturaleza, del Coto-paxi, devastó la comarca vecina; otra corriente (moja) del Carguairazo sepultó en 1797 las localidades de Quero y de Igualata; finalmente una colada del Pasto devoró, el 20 de enero de 1834, la localidad de Sibundoy, que está 2 leguas alejada de él. Esa actividad volcánica estuvo acompañada por temblores de tierra, que, en 1797, convirtieron las ciudades de Riobamba y de Ambato, en 1834 la de Pasto, en un montón de ruinas.

En el pie occidental del Azufraal afloran pórfidos y esquistos metamórficos; más al norte, hasta el Patía, se encuentran también sienitas y otras rocas plutónicas; por lo demás encontré, en el pie occidental masas traquíticas, rocas estratificadas, como areniscas gruesas, conglomerados, esquistos arcillosos o margosos que consideré terciarios según sus caracteres petrográficos sin haber encontrado no obstante fósiles en ellos. En el pueblo de Mayasquer, en el pie occidental del Chiles, vi una colina que corre Este – Oeste compuesta por esas mismas rocas, pero desagregadas, en el límite inferior de la andesita. No encontré, en Ecuador, otra capa neptuniana que haya podido clasificar con seguridad, aunque aquí y allí, por ejemplo en el Imbabura, las particularidades petrográficas de las capas me hayan recordado las arcillas esquistas y areniscas “que uno encuentra en los valles del Patía y del Magdalena **superpuestas al Cretáceo** (Perfil IV)*. En la vertiente norte las capas son verticales. En la vertiente oeste del Chimborazo, hasta los alrededores de Alausí, Wolf encontró conglomerados y esquistos (Flysch) adosados al macizo volcánico, y que está inclinado a considerar como cretáceos. Rocas similares cubren también el pie meridional del Azuay; en Salinas en el Chimborazo, están atravesadas, según dice Wolf, por rocas volcánicas, y están directamente cubiertas por ellas en las regiones superiores del Corazón.

*Wolf parece haber mal entendido esa aserción (Geognostische Verhältnisse etc. 1856, p. 97) cuando asegura (Leonhard, Neues Jahrbuch, 1875) no haber podido descubrir el manto cretáceo que yo vi rodear el Imbabura; en mi carta a von Rath (Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft 1873, vol. XXV), que Wolf cita, yo no hablé por lo demás en absoluto del Imbabura!

Quizás esas capas tienen algunas relaciones con las que encontró Wolf en el pie occidental de las cordilleras, que eran Cretáceo rodeado por depósitos extensos de Terciario y de Cuaternario; al menos él supone la existencia allí de ese terreno, pues vio en Guayaquil fragmentos de rocas análogas, en los cuales reconoció *Inoceramus plicatus* d'Orb., e *Inoceramus Roemeri* Krst. Esa serie sedimentaria de la provincia de Guayaquil, que es la más antigua de ella, forma una cadena de alturas que, de Guayaquil se extiende por Changón y al Oeste por Juntas y Colonche hasta el mar. Otras pequeñas colinas cretáceas se levantan además al norte de Guayaquil, el río Daule y el río Bodegas, depósitos más recientes que forman las llanuras bajas de la costa occidental; menos desarrollada es la serie cretácea al sur de Guayaquil hasta la frontera en el río Tumbes.

Ese territorio cretáceo de la costa occidental está en varias localidades atravesado y dislocado por rocas eruptivas (Doleritas, Grünsteine).

En la península de Santa Elena al oeste de Guayaquil, Wolf encontró un pequeño volcán de lodo, cuya agua cargada de hidrógeno sulfurado como muchas otras fuentes de la vecindad, contiene cloruro de sodio y petróleo y deposita óxido de hierro hidratado. Esa fuente, y otras más, proveen sal a casi toda la república. En toda la costa se encuentran restos de mastodontes, que son también particularmente abundantes en una arenisca con sal gema y petróleo que compone en gran parte la estrecha lengua de tierra que avanza en el mar al oeste de Santa Elena.

Por lo demás, según lo que vi por el lado del Sur, de Quito hasta Riobamba (1° 50 de latitud sur), la meseta está constituida por productos volcánicos de misma naturaleza, estratificados, y depósitos de bloques plutónicos, tal como los describí más arriba a propósito de Túquerres. Wolf observó una superposición de esas capas [p. 45] en Punín al suroeste y cerca de Riobamba en la garganta de Chanlong (2778 metros); aquí un depósito de toba de alrededor de 60 metros de potencia descansa sobre areniscas, cuarcitas y conglomerados silíceos; Wolf encontró su capa inferior llena de osamentas de mamíferos que pertenecerían, según dice Wolf, tanto a especies vivas como a formas extinguidas; Branco sin embargo no se alinea con esa opinión, pero cita: *Equus Andinum* Bran-

co, *Protachenia Reissi Branco*, *Cervus Chilensis* Gay (?), *Cervus Chimborazi* Wolf, *Machairodus neogaens* Lund, *Mastodon Andinum* Cuvier, como especies que se encuentran entre los restos recogidos.

Otras osamentas de gigantes mamíferos extinguidos fueron así mismo descubiertas, según me dicen, en la comarca de Quito en Alangasí, en el valle de Chilo y en varios otros lugares de la meseta hasta las vertientes de los volcanes. M. Wagner encontró algunas en Sisgún en el pie oriental del Chimborazo, a la altura de 3342 metros.

En Penipe, al este de Riobamba, Wolf descubrió tres capas de carbón, intercaladas en esquistos primitivos oscuros y según parece sin fósiles; él supone, por varias razones petrográficas, que esos carbones son anteriores al período hullífero. La cuestión es saber sin embargo si esos esquistos no deben sus caracteres actuales al metamorfismo de depósitos más recientes. Codazzi vio en el Ruiz hullas enclavadas en una traquita (p. 31); además, todos los carbones y todos los asfaltos que constaté en Colombia - y que son sobre todo frecuentes en la parte septentrional - pertenecen a las series terciaria y cretácea.

En las vertientes occidentales del Condurasto (al este de Riobamba), que contienen ricos filones de plata, aflora así mismo hulla, según Villavicencio. Niveles de sal gema y fuentes saladas se encuentran también en las vertientes orientales del Papallacta, al este de Quito, en la vecindad del Llanganate (Cerro hermoso) del cual se habló más arriba.

En la llanura que bordea el pie oriental de las cordilleras se levantan grupos aislados de bajas colinas graníticas que pertenecen, según parece, al sistema de montañas de Parima. Ellas surgen de los aluviones que cubren las llanuras y que, según Villavicencio, contienen polvo de oro y de platino hasta 35 leguas de distancia de la cordillera; las chispas y pepitas de esos metales disminuyen constantemente de tamaño a medida que uno se aleja de las montañas. Más al Este, en la comarca de Macas (2° 30' de latitud sur, 78° 10' de longitud occidental) surgen fuentes salinas, de las cuales los indios Ivaros, que pueblan esas llanuras aún desconocidas, extraen sal por evaporación (cocimiento); hacen con ella un comercio de trueque. Similares fuentes salinas se encuentran también

en las llanuras del Caquetá, del Putumayo y del Napo, por ejemplo en Mocoa (0° 50' de latitud norte, 76° 20' de longitud occidental), donde los cristales de yeso afloran también en las margas, en muchas localidades.

Esa presencia de la hulla, de la sal gema y del yeso en toda la vertiente oriental de las cordilleras del Ecuador, en comarcas que, en la Nueva Granada, pertenecen al Terciario y al Cretáceo - esa presencia, digo, deja suponer que esas regiones del Ecuador son desde un punto de vista geognóstico una continuación de esos terrenos que se observan al norte de la Nueva Granada, al sur del Perú.

Al sur del Azuay aparecen de nuevo dos cordilleras separadas, de las cuales la occidental, la más cercana a ese último volcán, está según Wolf constituida por pórfido al Norte, pero más al Sur, como la del Este, por esquistos cristalinos y rocas sieníticas. Más al Sur aún, en la provincia de Loja, ambas están compuestas por esquistos cristalinos y por granito, este en parte con feldespato de color carne o rojizo. En el valle formado por esas dos cordilleras afloran varias formaciones volcánicas que cubren los pórfidos y los esquistos cristalinos; así por ejemplo al sur del Azuay (cuyo cono traquítico está formado por pórfido en la parte superior, según dice Schmarda) hasta el río Cañar, afloran tobas y conglomerados andesíticos, atravesados por filones y por coladas de lava de esa roca. - Un segundo depósito volcánico de mismo aspecto es descrito por Wolf en los valles de Galateo y de Paute; en este último valle aflora cerca de Azogues una arenisca que alcanza hasta 600 metros de potencia y que contiene betún, asfalto, carbón e incluso un banco de ópalo de un metro de espesor. Esa arenisca de Azogues, que según Wolf pertenece quizás al período cretáceo, buza al Oeste de 45 a 80 grados; está cubierta por masas volcánicas y, al norte de Paute, atravesada por venas de andesita. En esa arenisca existen antiguas canteras de donde se han quizás sacado materiales de construcción. Wolf las tomó, pero probablemente por error, por galerías abandonadas de una mina que habrían abierto para la búsqueda de mercurio, que han explotado masivamente aquí en Azogues, como el nombre lo indica. El mercurio no aflora probablemente en la arenisca, sino, como en Venezuela y en la Nueva Granada,

en la marga que [p. 46] la acompaña*. Una formación volcánica aún más meridional, en la cuenca del río León está formada principalmente por tobas y por conglomerados; no observé en ella ninguna traquita.

En Loja, situada a 2220 metros de altura así como más al Sur en Vilcabamba Wolf encontró en las fuentes de Catamayo depósitos de agua dulce terciarios cuyas capas fuertemente dislocadas, casi verticales, le aportaron la prueba de la juventud del levantamiento de los Andes, como ya lo expuse en 1856. Esa formación de agua dulce está formada ya sea por esquistos arcillosos con hojas de dicotiledóneas, y que pasan a esquistos calcáreos o cuarzosos, o por conglomerados y capas de arena.

En las fronteras del Perú afloran de nuevo las calizas; es probablemente la continuación de las que Humboldt observó en Montán, San Felipe y Guambos en la cuenca del Huancabamba (aproximadamente 6° de latitud sur) y de las que llevó fósiles que el Sr. de Buch reconoció como cretáceos y publicó en 1839 en la obra citada más arriba.

Si comparamos la naturaleza y las condiciones de yacimiento de las rocas sedimentarias de las cordilleras occidentales con las de los depósitos de mismo orden de Venezuela, encontramos que aquellas solo son en general una continuación de las últimas.

En todo el territorio explorado hasta aquí no encontramos ninguna huella de la serie paleozoica; las viejas denominaciones de “antigua arenisca roja”, y de “carbonífero” se basan en determinaciones falsas hechas según analogías de la roca; en efecto el carbón y la arenisca roja, en la Colombia de Bolívar, pertenecen a la más reciente de las series, es decir al Cretáceo superior o al Terciario¹⁰.

De la serie mesozóica solo observamos el terreno más joven, el Cretáceo, que ocupase una extensión algo considerable. De la serie precedente, el Jurásico, solo se encontraron hasta ahora indicios en un punto único muy limitado de la Nueva Granada en el Magdalena superior

(p. 30). Esas huellas pertenecen al Jurásico inferior o Lias y dejarían suponer que los pisos superiores de ese terreno, que se tocan con el Cretáceo, serán también descubiertos alguna vez. El Trias no fue más observado en Colombia que el Carbonífero y el Devónico.

Estudios ulteriores concienzudos deberán verificar si esos terrenos antiguos no se depositaron verdaderamente en esa comarca; o lo que es más probable, si estaban allí representados pero se volvieron irreconocibles por la acción de los agentes plutónicos, y metamorfoseados en esquistos cristalinos.

Los depósitos sedimentarios de toda la región explorada y descrita hasta ahora pertenecen pues casi sin excepción al Cretáceo, al Terciario y al Cuaternario; las potentes capas calcáreas de Cumaná y de Trujillo, que contienen ya sea cefalópodos del Neocomiano, o gasterópodos y foraminíferos del Gault se vuelven a encontrar en las cordilleras de la Nueva Granada con la misma potencia y con una riqueza fosilífera si es posible aún mayor, puesto que los cefalópodos del Gault vienen a añadirse en ellas; es verdad en cambio que las rudistas quedan limitadas al noreste. La arenisca que suprayace en capas potentes las calizas de Cumaná y aflora también en las montañas de Trujillo, aparece en los macizos de la Nueva Granada en condiciones similares, aunque a una escala más grande; así mismo la arcilla y la marga, que afloran sobre todo en los Montes de Mérida con una gran potencia forman en la Nueva Granada montañas y sistemas enteros de macizos, con las mismas dimensiones que los de Lobatera, Quiniquea y San Cristóbal en Venezuela.

La más antigua de todas las capas sedimentarias está formada por una marga arenosa de un marrón claro o de un rojo amarillento, con estratificación confusa; tiene a menudo una gran potencia, y en las capas superiores contiene algunas veces niveles de caliza azul u oscura, a los cuales ella cede completamente el sitio hacia arriba. Algunas veces una marga rojo – marrón similar contiene hojuelas de mica o fragmentos de esquisto micáceo, por ejemplo en Guaduas y en Bucaramanga; esa marga pertenece entonces probablemente a una época más reciente que aquella que, muy pobre en general en restos orgánicos, sin mica, más firme, aparece en el contacto

*Schmarda también menciona ese mercurio de Azogues que, según Villavicencio, explotan tanto en la ciudad como afuera. Según ese autor, el mercurio metálico aparece también en Loja y en Zaruma, al norte de la primera ciudad (3° 56' de latitud sur). Es singular que Codazzi no mencione la presencia de ese metal en estado nativo en las dos repúblicas que describió: la Nueva Granada y Venezuela.

¹⁰NdT. Aquí, como en otras partes del texto, Karsten rectifica conceptos neptunistas de Humboldt.

de rocas plutónicas más oscuras, silíceas, duras y contienen cristales de feldespato. Esa marga sin mica, que descansa en los niveles inferiores, se encuentra en toda la cadena oriental así como en varios puntos de las cadenas central y occidental, por ejemplo en Urumita al pie del macizo de Santa Marta, así como en Cáqueza cerca de Bogotá, en la vertiente Este de las cordilleras; contiene la *Ammonites Santafecinus* d'Orb., *Am. Noeggeratii* Krst., *Am. Boussingaultii* d'Orb., *Ptychoceras Humboldtianus* Krst., *Crioceras* [p. 47] *Duvalii* Lev., var. *undulata* Krst., que hacen correlacionar ese grupo con el Neocomiano de Europa. En Cumanacoa, en una marga rojiza y en el esquisto calcáreo negro que la suprayace, se encuentran restos de belemnitas, que aparecen también en la vertiente septentrional del macizo de Santa Marta en el río Palomino y muy probablemente también en la caliza azul oscura que en El Molino, al pie de ese macizo, cubre esa marga marrón-rojiza.

Esa marga alcanza en Zapatoca al sur de Bucaramanga una potencia de aproximadamente 300 metros; ella soporta otra capa igualmente potente de una arenisca roja – amarillenta, cuarzosa, la cual está suprayacida a su vez por los esquistos arcillosos y las calizas del Gault, ricos en restos orgánicos, y cubiertos por los niveles de bloques y los conglomerados que provienen de esas mismas capas.

Son numerosos en esa roca los filones de galena cuprífera y argentífera; de una riqueza particular es la roca que aflora en la vertiente meridional del macizo de Santa Marta; contiene malaquita, pirita de cobre y cobre nativo.

Un poco más al Sur, en el curso medio del Magdalena, en la Cordillera Oriental, esas capas del Cretáceo inferior logran su más bello desarrollo; aquí se despliega con una claridad magnífica toda la historia genética de ese país ante los ojos del geólogo; es aquí donde los terrenos posteriores están representados de la manera más completa; partiendo de aquí es entonces fácil reconocer y correlacionar los afloramientos de pisos a menudo aislados que uno encuentra en otras regiones.

La marga marrón que acabo de describir se observa aquí y allí en esa cadena de Bogotá, de Pamplona a Neiva en el paso oriental hasta las más altas cimas; sobre ella descansa el sistema, de 1000 metros de potencia, de las épocas cretáceas siguientes, representadas en su parte inferior por

alternancias de una caliza oscura, negra, dura y esquistos arcillosos de débil potencia (Neocomiano) y en su parte superior por calizas azul claro, a menudo muy potentes (Gault) cuyos fósiles he indicado en las páginas 26 a 30.

Son en parte las mismas formas, en parte especies análogas las que se encuentran en el Cretáceo inferior de Venezuela en Barbacoas cerca del Tocuyo, en Ortiz al sur de Caracas, y en los montes de Cumaná (ver p. 18).

En la cadena central se encuentra en Inzá arriba de La Plata al pie del Guanacas, entre andesitas en prismas basálticos, levantada y en parte descompuesta por estas una caliza negra casi granular, que contiene muchas especies fósiles; varias especies de *inoceramus* (*plicatus* d'Orb., *Roemeri* Krst.), además *Baculites granatensis* Krst., y *B. Maldonadi* Krst., y *Ammonites Leonardianus* Krst. que se encuentra también en Barbacoas de Tocuyo. Esas especies nos demuestran que la edad de esos depósitos corresponde a la época de aquellos de Bogotá.

No muy lejos de esa localidad, algunas horas al Este de Inzá, Stübel recogió en el valle del Magdalena dos amonitas pertenecientes al Jurásico (ver p. 30 de la presente obra).

En el pie norte del macizo antioqueño se encuentran complejos de calizas y de esquistos arcillosos que en sus circunstancias de yacimiento recuerdan totalmente los descritos más arriba, que se observan a la misma latitud en la cadena paralela de Bogotá; pero su textura, bajo la influencia de las venas auríferas que los atraviesan en las direcciones más diversas, está tan alterada, que solo difícilmente se pueden reconocer en ellos formas orgánicas que puedan servir como puntos de referencia para determinar su edad; se puede sin embargo esperar, a causa de las capas más recientes que las suprayacen, que búsquedas perseverantes, por ejemplo en la comarca de Zaragoza, harán descubrir capas que permitirán reconocer los fósiles cretáceos que ellas contienen.

En los alrededores del lago de Maracaibo, cerca de Perijá al pie oriental del macizo de Ocaña se encuentran potentes capas de asfalto entre bancos de una caliza cuyos *inoceramus* y amonitas convierten en análoga de las de Socorro y de La Plata; ella aflora también en la orilla izquierda del lago de Maracaibo en la isla de San Carlos así como al sur de esta en la comarca de San Crstóbal

y de Betijoque, donde las fuentes de petróleo provienen probablemente también de niveles de asfalto.

En la Cordillera Occidental limitada por la orilla izquierda del Cauca y la orilla derecha del Patía que corre hacia el Sur ya no se reconocieron los fósiles del Cretáceo inferior; pero la estructura y la disposición de las capas, que están cubiertas por el Cretáceo superior, y atravesadas, alteradas por venas de cuarzo ricas en oro y en platino, todo aquello hace muy verosímil la hipótesis de que pertenecen efectivamente a esa época.

Mientras que, en la base del Cretáceo inferior las margas y arcillas predominaban, el primer lugar, en la parte media de esa división, corresponde a las calizas, y en la parte superior son las areniscas quienes ganan la partida.

[p. 48] Esa arenisca, que aquí y allí alterna con gruesas capas de esquisto silíceo y contiene también delgados niveles de esquisto arcilloso la mayoría de las veces de color claro, tiene un grano fino, un color blanco, a veces también ligeramente amarillento; es cuarzosa y dividida en capas de varios pies de espesor. Los esquistos silíceos que alternan con la arenisca son casi siempre amarillentos, muy raramente oscuros y entonces sus caracteres físicos, es verdad, les acercan a los del Cretáceo inferior que yacen inmediatamente debajo; sin embargo los restos orgánicos ayudan a distinguirlos de ellos fácilmente: mientras que los del Cretáceo inferior contienen especialmente inoceramos, estos se distinguen por la gran cantidad de politalamías que contienen frecuentemente, de conchas de Orbitolina, Robulina, Nodosaria y especies similares; además se encuentran en las calizas que acompañan a esas areniscas conchas de rudistas, de bivalvos: Lucina, Cardium, Pecten, Ostrea, Exogyra Bousingaultii d'Orb., y Equinodermos: Annanchytes ovata Lam., Micraster cor-anguinum, Goldf., Discoidea excéntrica d'Orb., Echinus Bolivarii d'Orb., Enallaster Karsteni de Loriol, Galerites sp., etc. En la arenisca también se encuentran conchas de gasterópodos, de bivalvos, restos de peces y, según parece, rudistas; yo encontré incluso en ella un resto de amonita (tal vez Am. Roissyanus d'Orb.) demasiado malo para ser determinado con certeza.

Ese grupo de rocas silíceas, cuya potencia puede ser evaluada en promedio en alrededor de 1000 metros, forma lo más frecuentemente las más altas cimas de la

Cordillera Oriental; el páramo de Chita de cerca de 6000 metros y cubierto de nieve perpetua, el Chingaza, el páramo de Sumapaz, están formados por esa arenisca y esos esquistos silíceos.

En la cadena occidental que separa las cuencas del Patía y del Cauca superior del Océano Pacífico afloran también esas areniscas, esquistos silíceos y calizas con politalamías con gran potencia; están allí, así como su substrato, atravesados por venas calcáreas auríferas, por ejemplo en Vijes cerca de Cali y Buga.

Ese complejo de capas con politalamías debe ser probablemente correlacionado con el Quader superior y el Pläner de Sajonia, a los cuales se parece por sus caracteres externos; corresponde también a ellos por sus relaciones paleontológicas, aunque las formas características de las clases de animales superiores queden aún por descubrirse en él. Está cubierto en estratificación discordante por una arenisca micácea, blanca o amarillenta, más o menos gruesa, luego por cuarcitas y margas abigarradas, así como por esquistos arcillosos, que contienen bancos de un lignito duro y brillante puro, de unos 3 metros de espesor y alternan con él en delgadas capas.

Este último grupo, que se distingue por su pobreza en fósiles, se encuentra desarrollado en las partes superiores; su potencia es entonces considerable; no sucede lo mismo en las bajas regiones, donde se vuelve cada vez más potente y más importante, para aflorar, en los valles del Magdalena, del Cauca y del Patía, con exclusión de casi todo el resto; sin embargo según la comarca, está unas veces representado más bien por conglomerados, otras por areniscas, otras por arcillas; estas últimas, la mayoría de las veces abigarradas, micáceas, contienen a menudo bloques y pasan a pudingas. Los conglomerados están formados por bloques del grosor de un puño, o más pequeños, de un esquisto silíceo o de una cuarcita que pertenecen al grupo con foraminíferos y están unidos por un cemento cuarzoso*. En algunas comarcas del Magdalena ese complejo está superpuesto a las margas

*En un canto de esos conglomerados, que afloran en el Alto del Sargento y el camino que se le une al oeste de Guaduas (están formados por pedazos de rocas que están *in situ* al Este en el Palmar y en el Alto del Trigo, Perfil V) encontré una gran cantidad de formas diversas de Robulinas, Textulinas y otros foraminíferos.

citadas arriba, rojo-marrón, arenosas, con lentejuelas de mica; esta¹¹ debe ser aún estudiada con el objeto de saber si pertenece todavía al Cretáceo o si forma el miembro más inferior de la serie terciaria; esta última hipótesis me parece la más verosímil, ya que los conglomerados terciarios descansan inmediatamente sobre esa marga masiva; además las margas cretáceas no contienen nada de mica, son más firmes y distintamente estratificadas, y contienen en su parte superior delgados niveles calcáreos. En la vecindad de esa marga, petróleo brota del conglomerado: es así en la región de Méndez: cerca de la plantación de San Antonio cerca de Guaduas, así mismo en el Magdalena superior no lejos de La Plata en el río de Páez, y según Humboldt, en Cajetambo cerca de Cuenca, donde sale de la arenisca roja quizás sincrónica con el conglomerado y la arenisca rojiza del Magdalena, mientras que el asfalto de Tintini cerca de Maracaibo forma niveles en la caliza cretácea.

Raras son las calizas en esa serie terciaria; yo no observé ningún fósil en el Magdalena superior. Cerca de Popayán encontré, adosadas a un pórfido, débiles capas de esquisto arcilloso y de caliza, que contenían conchas de moluscos terciarios (gasterópodos, *Cardium*, y la *Rostellaria Gaudichaudi*, d'Orb.), muy parecidas a las del mundo actual. En la costa occidental Codazzi observó el [p. 49] Terciario, sobre todo en su parte septentrional, donde, al oeste del Atrato, del 5° al 8° de latitud norte, la pequeña cadena de Baudó se levanta a una altura media de 300 metros, y se reúne al Norte con la cadena plutónica del Istmo de Panamá.

En cuanto a esas osamentas gigantescas de mamíferos extinguidos, las vi en Colombia constantemente en una marga arenosa roja que suprayace al Terciario; en Ecuador sin embargo, no se les encuentra solamente en las llanuras bajas, sino también en las mesetas y las vertientes de los conos traquíticos de los volcanes, yacen en parte en una toba volcánica exteriormente muy similar a esa marga. Esas osamentas tienen en ese país una gran distribución; las observé en el macizo de Cumaná, en

San Juan de los Morros, en San José de Cúcuta; en esas dos últimas localidades yacían esqueletos aún enteros, y en Cúcuta varios juntos. Además vi otras en Barbacoas de Tocuyo y al norte de allí en Carora; y se encuentran también en la península de Paraguaná. En el Magdalena inferior se encuentran en gran cantidad en El Plato; en el curso medio del Cauca, así como al norte de Medellín, se les encuentra dispersas en las mesetas de Cundinamarca, por ejemplo en Soatá, Covarachía (o Chicamocha), en Lagunaverde (Cocuy) a 3650 metros de altura; en Soacha cerca de Bogotá Humboldt recogió un diente de *Mastodons augustidens*. Por mi parte no puse más tarde ninguna atención a las indicaciones de yacimientos que me daban los habitantes de Colombia sobre esos “esqueletos de gigantes”; todas las penalidades que tomé para desenterrar algunos de los mejor conservados, con un objetivo científico, se volvieron vanas ante la fragilidad de esas osamentas, de suerte que solo puedo dar ahora desafortunadamente una parte de las que conocí. – Esos mamíferos fueron probablemente sumergidos por el mar mioceno, que invadió su morada, el archipiélago ecuatorial, en la época de la erupción de las traquitas, y les sepultó en el nuevo continente, en el Diluvium y las deyecciones volcánicas.

Las brechas conchíferas que afloran dispersas en toda la costa norte parecen ser aún más jóvenes, por ejemplo las de Cartagena y las de las colinas de Turbaco; sucede igual con los depósitos de débil potencia que se extienden en el pie norte del macizo nevado de Santa Marta, en Coro, Puerto Cabello, La Guaira, Cumaná, etc., y contienen diversas especies de moluscos (ver p. 9). Estudios más exactos de esos fósiles decidirán si las rocas conchíferas amarillas, arcillo-calcáreas, que en Simití, al norte de Mompós, cubren los esquistos arcillosos oscuros del Cretáceo, pertenecen a esa época totalmente reciente o a otra más antigua (Senoniano? Ver página 29).

Esos depósitos terciarios están poderosamente desarrollados en los grandes valles de la Nueva Granada, que son todos valles de fractura.

En la meseta volcánica situada entre Túquerres e Ibarra, al pie de los volcanes de Cumbal y de Chiles, observé en una cuarcita estratificada entre capas de bloques y de ceniza pumítica, conchas citeriformes, casi con dos cá-

¹¹NdT. Sin duda, la palabra estas se refiere a las margas, y habría que leer: estas deben ser aún estudiadas con el objeto de saber si pertenecen todavía al Cretáceo o si forman el miembro más inferior de la serie terciaria

maras, muy abundantes, la *Cyclopaea Rumichacae* (plancha VI, figura 2), además de foraminíferos: restos poco numerosos de los animales que poblaban el mar terciario del archipiélago volcánico.

Si los depósitos terciarios de ceniza traquítica, los niveles de cantos sin fósiles y los conglomerados que se apoyan en las capas cretáceas tienen la misma dirección y el mismo buzamiento que estas, solo será posible por un estudio muy exacto de sus disposiciones y de su naturaleza petrográfica convencerse de su diferencia específica; se encuentra que las arenas y cantos terciarios sin fósiles, micáceos, solo están adosados al Cretáceo o, como cerca de Pacho, de Muzo, de Zipaquirá, Facatativá, le cubren en discordancia. Su rumbo es así mismo menos al Este, más al Norte que el del Cretáceo adyacente, lo cual apoya la idea de que sus levantamientos respectivos pertenecen a épocas diferentes.

Si se tiene en cuenta el levantamiento de las capas cretáceas que se han observado en otros sitios de la misma cadena (en Popayán y La Plata) y el hecho que aquellas de las cadenas vecinas (en Chipaque cerca de Bogotá y en Vijes en la región de Cali) están atravesadas por venas auríferas y argentíferas, uno está tentado de suponer que la formación o la penetración de esos filones pertenecen a la misma época que el levantamiento de las capas, que esa época se sitúa al final del período cretáceo y que entonces, fue la Cordillera Central de Antioquia la que fue levantada al máximo por encima del mar, pues las capas terciarias solo cubren sus vertientes, lo más frecuentemente, hasta una altura de 1500 metros, mientras que las dos cordilleras laterales, paralelas, están cubiertas por ellas en muchos sitios hasta 3000 metros; es un indicio de que en ese primer levantamiento ellas permanecieron casi enteramente bajo el agua, y que sus más altas cimas solo formaban una fila de islas por encima del mar.

En la comarca de Mariquita, al noreste de los nevados traquíticos de Ruiz y de Tolima, se encuentra el Terciario cubierto por potentes lechos de bloques y de arena, en su mayor parte volcánicos, que sin embargo contienen también bloques de rocas plutónicas o metamórficas, además de las andesitas, piedras pómez, maderas carbonizadas que están sepultadas en la ceniza volcánica; esas capas rellenan ese valle en [p. 50] una extensión de

más de 20 millas cuadradas; él está ahora surcado por el Magdalena; otras corrientes de agua lo recorren también del Oeste al Este, ellas llevaron la ceniza y los pequeños bloques, dejando los más grandes bloques; a estos ahora se les encuentra en los valles laterales que esas corrientes tallaron, aislando las mesas en forma de mesetas elevadas, estrechas y con bordes escarpados.

En los valles del Cauca y el Magdalena, al pie del nevado de Barragán (4930 metros), que no es conocido como volcán activo, capas similares de productos volcánicos, sobre todo de ceniza pumítica y de restos de traquita cubren las margas, los bloques y las arenas recientes, de suerte que aquí como en la cuenca del Patía y en la meseta ecuatorial la disposición de las capas muestra que la época volcánica es posterior al Terciario y coincide probablemente con el levantamiento de esas últimas capas. En la zona ecuatorial ese levantamiento llevó las capas con politalamías y con lofirópodos, que en el archipiélago terciario se habían formado entre las tobas y los bloques, hasta una altura de 3000 metros; más al Norte el Terciario de esa Cordillera Central se levantaba a 1500 metros, y estaba cubierto por montones de restos traquíticos.

El Cretáceo superior propiamente dicho, la creta blanca de Meudon, no ha sido observado en Colombia; quizás esté representado, junto con el Quader superior, por los esquistos silíceos y calcáreos a menudo ricos en politalamías; pero, como ya lo he hecho notar, los fósiles descubiertos hasta ahora no bastan para demostrarlo, pues las politalamías pueden pertenecer tanto al Gault como al Turoniano o al Senoniano. En Vélez (5° 54' de latitud norte, 74° 26' de longitud occidental) observé una superposición discordante de esos esquistos con politalamías sobre las capas con cefalópodos del Cretáceo inferior.

El rumbo del complejo terciario sin fósiles, en niveles delgados, poco consistente y caracterizado por las arenas verdes y los conglomerados, el cual adquiere en los valles del Patía y del Magdalena un desarrollo bien particular, ese rumbo es en promedio N-S; el del Cretáceo en general del WSW al ENE. Esa discordancia de estratificación así como el hecho que el terciario solo se adosa al Cretáceo, demuestran suficientemente que hay dos épocas de levantamiento diferentes.

El rumbo de las masas de capas levantadas primitivamente por encima del mar era Norte-Sur en el Sur; más al noreste, era N-E. Ese levantamiento afectó tanto a las dos cadenas laterales, donde reconocemos aún ahora las rocas cretáceas no alteradas, como sobre todo a la cadena central, que alcanzó al norte del Ecuador su punto culminante, probablemente ya entonces de 3000 – 4000 metros. Al mismo tiempo las fuerzas plutónicas parecen haber más o menos, algunas veces totalmente metamorfoseado los depósitos sedimentarios, transformado las calizas en mármol, las arcillas en esquistos cloritados o micáceos, las areniscas en cuarcitas; ellas habrían ocasionado las erupciones de pórfido, de granito, de sienita, etc., que, sobre todo en la Cordillera Occidental, rica en pórfido, forman su núcleo y están atravesadas por venas cuarzosas con metales nobles.

En esa época las dos cadenas que acompañan a la Cordillera Central, la del Este y la del Oeste permanecieron en general por encima del nivel del mar, rodeando como con un arrecife longitudinal a la tierra firme del centro, y solamente la oriental aumentaba en altura y en extensión hacia el Norte, desviándose al Este. En ese brazo oriental de la Cordillera Oriental, que ahora forma el macizo de Mérida uno comienza por encontrar (en Pamplona 73° de longitud occidental, 7° 15' de latitud norte) las capas terciarias levantadas a una altura considerable (2300 metros). Más al Este su límite superior cae sin embargo cada vez más abajo.

Así mismo, en las vertientes de las cadenas litorales de Santa Marta y de Caracas, que corren E-W, el Terciario solo se levanta pocos metros, sobre todo en sus lados norte (ver página 12) mientras que sube un poco más arriba en su lado sur (a aproximadamente 100 metros).

El profundo brazo de mar que separaba esa serie de islotes y les rodeaba fue colmado por capas de arena y de arcillas, y por bloques de rocas silíceas que las corrientes marinas arrancaban a las vertientes de las capas levantadas, arrastrando las margas y las areniscas más finas, micáceas, que depositaban en los golfos poco profundos o a una distancia mayor de su lugar de origen; al mismo tiempo las sustancias vegetales que flotaban en el mar se depositaban en las aguas más tranquilas y formaban más tarde los niveles de carbón que se encuentran ahora a

menudo encima del Cretáceo, contenidos en margas abigarradas y areniscas más recientes.

En la dirección de esa antigua serie de islotes del SW al NE se encuentran, además de los niveles de carbón, los depósitos de sal más importantes del macizo de Bogotá (ver página 28).

Según lo que precede nosotros distinguimos, en la región estudiada, 5 períodos de creación indudables, de los cuales el más inferior, el del Jurásico, ha sido reconocido solo recientemente en un punto de la Nueva Granada (ver página 30) mientras que el período posterior, el del Cretáceo antiguo, aflora en las montañas de toda esa comarca y se distingue por una gran diversidad de cefalópodos; se deja tal vez también dividir en dos subdivisiones, por la presencia de las belemnitas, del *Ptychoceras Humboldtianus* Krst., del *Ammonites* [p. 51] *Noeggerathii* Krst., *Am. Rothii* Krst., *Am. santafecinus* d'Orb., *Am. Boussingaultii* d'Orb., *Hamites Arboledae* Krst., en las capas inferiores, principalmente margosas. La 3ª serie, la del Cretáceo superior, caracterizada por los potentes depósitos de caliza, arenisca y esquistos silíceos, se reconoce desde el punto de vista paleontológico, por la gran cantidad de rudistas que aparecen al Este y por las politalamías muy comunes en el centro y el Oeste.

La 4ª serie, la Terciaria, está caracterizada por la frecuencia de osamentas de vertebrados y la presencia de bloques y de potentes conglomerados formados a expensas de los esquistos silíceos de los períodos más antiguos y por la gran extensión de las margas micáceas y de los lapillis y ceniza traquíticos; el 5º grupo, el Cuaternario, está constituido por terrenos de relleno, gravas y niveles de bloques, y por brechas conchíferas en las costas del mar; las conchas pertenecen a especies aún vivas.

Algunas constataciones de discordancias en la disposición respectiva de esas cinco series muestran que ellas corresponden también a épocas de levantamiento distintas (ver páginas 27, 33, 48, 49, 50) y la repartición geográfica del Cuaternario nos muestra de la manera más evidente, incluso en ausencia de una discordancia bien nítida con el Terciario (con excepción de los alrededores de San Pablo en el Magdalena inferior, donde las discordancias observadas pertenecen quizás a nuestro caso), nos muestra, digo, que esas dos divisiones fueron levantadas en épocas diferentes.

La última serie, el Cuaternario, tiene una débil extensión; algunas regiones ligeramente levantadas de la costa pertenecen a ella. La época precedente, la del Terciario, es por mucho la más generalizada: casi todo el territorio de las vastas llanuras del Orinoco y sin duda la mayor parte de las del Amazonas están incluidas en ella; las más altas cimas del continente actual datan de esa época.

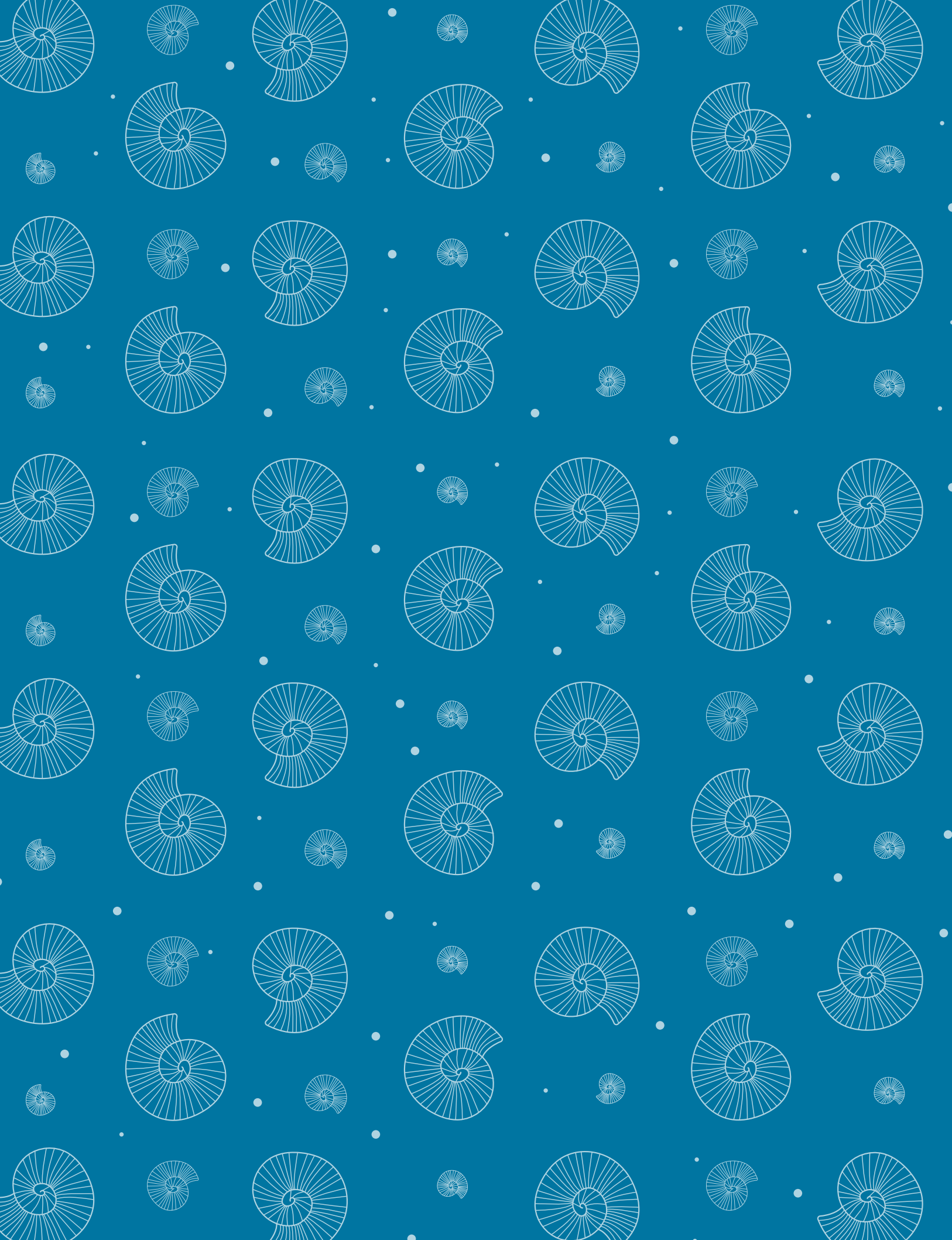
Los terrenos más antiguos, el del Cretáceo, en el cual investigaciones ulteriores demuestran aún la presencia de varios pisos diferentes, formaban en el mar terciario islas alargadas, alineadas al noreste, de las cuales la más oriental formaba el macizo actual de Cumaná; otra isla de la serie oriental tenía su punto culminante en el macizo actual de Mérida; la isla occidental rodeada al Sur por un archipiélago de islas volcánicas estaba recorrida por cadenas de montañas ricas en filones de oro y de platino.

Es notable que las vertientes más abruptas del territorio cretáceo, que corre a su vez casi en arco de círculo hacia el noroeste, den principalmente contra el macizo de Guayana, cuyos domos redondeados de rocas graníticas, hasta donde yo sé, surgen de las mesetas terciarias como islas fuera del océano. Las capas terciarias al contrario, allí donde están levantadas en macizos, o cubren las vertientes de las cadenas de montañas, o forman valles de fractura (como en el Magdalena y el Cauca) y el borde de sus capas mira al valle.

El macizo de Guayana parece ser el centro de las diferentes cordilleras pertenecientes a Colombia; centro de quien depende la dirección de todas las cadenas; estas se levantan al Oeste en Colombia y al Norte (Venezuela) como los bordes de una gran grieta circular que se formó en la corteza sólida de la Tierra en la circunferencia de ese gran círculo primitivo de levantamiento; grieta que, aunque entonces no reconocible por macizos importantes en toda su extensión, fijaba ya la dirección de las erupciones contemporáneas y posteriores.

La fuerza de levantamiento que condujo a la formación de esa grieta alrededor de ese centro granítico, parece, en los tiempos primitivos, en la época plutónica, haber actuado de Este a Oeste; es decir que comenzando en el noreste, logró su mayor desarrollo en el Norte, y de allí disminuyó cada vez más hacia el Sur; en cambio el último levantamiento de alguna importancia, el de la época terciaria volcánica, siguió la dirección opuesta.

Al Norte, las cadenas plutónicas que bordean el mar alcanzaron su altura actual casi en el primer levantamiento; solo fueron levantadas al final del Cretáceo y del Terciario, mientras que en el Sur quedaron en parte cubiertas por el mar; fue solamente al final de la época terciaria cuando la erupción de las masas y lavas traquíticas, muy violentas en el sur, y disminuyendo poco a poco hacia el Norte, les dieron su forma y su altura actuales.



EXPLICACIÓN DE LOS PERFILES EN PARTE DIBUJADOS COMO ASPECTOS

I

Macizo de Santa Marta (11° de latitud norte) de San Juan de la Ciénaga a Maracaibo (69° 45' a 74° 20' de longitud occidental) (ver página 22).

Ese macizo (7926 metros) que sobrepasa el límite de las nieves se levanta por el lado norte, a la orilla del mar, como aquel de Caracas, sin estar separado de él por una región litoral, y cae, al Sur, aún más bruscamente contra el valle de Upar; está constituido casi enteramente por rocas sieníticas y anfibólicas, divididas en capas. La sienita, al cargarse de mica, pasa al granito. Al Oeste los contrafuertes están formados por rocas metamórficas, y se levantan de la llanura cuaternaria. En el pie sur y este se apoyan sobre él margas y calizas esquistosas del Cretáceo, que le cubren hasta una altura de 1700 metros; en la vecindad inmediata de las rocas cristalinas esas rocas cretáceas están alteradas; al Este entre Tomarazón y Papayal, en el “Potrero de Venancio”, la caliza, levantada verticalmente, se ha vuelto cristalina y, a alguna distancia de las rocas plutónicas, deja reconocer los fósiles cretáceos, entre los cuales la *Exogyra Boussingaultii* d'Orb. caracteriza las capas exteriores. En la marga rojo-marrón que forma la capa más antigua se encuentra la *Am. santafecinus* d'Orb. Esa marga alcanza aquí hasta 1000 metros de potencia y alterna en la parte superior con una caliza compacta, arcillosa, que la cubre luego con 600-700 metros de espesor.

Ese complejo cretáceo que bordea el sur y el este del macizo de Santa Marta, está formado por las ramificaciones septentrionales de aquel de Ocaña; ellas se extienden del Sur al Norte y encierran entre ellas de 6 a 7 valles longitudinales. Las capas, cerca del macizo de Santa Marta, buzan al Este, y por el lado del Este, al Oeste; aquí, donde la caliza predomina, contienen potentes depósitos de asfalto líquido.

Hasta una altura de 200 metros se apoya en ese macizo la serie terciaria que cubre probablemente la península

plana de los Goajiros, donde, del SW al NE sobresalen algunas colinas, que si se juzga por su forma, están formadas por rocas plutónicas. Las hordas de indios libres y salvajes que habitan esa península han hasta ahora hecho su estudio imposible.

II

El volcán de Puracé (2° 19' de latitud norte, 76° 30' de longitud oeste) del Magdalena al Este, al Cauca al Oeste.

El cono aislado del Puracé está formado por bancos (coladas?) de la traquita dispuesta en capas, de las grietas del cual, cerca de la cima de 4908 metros de altura, se escapan numerosas fumarolas. En la cima se encontraba en 1855 un cráter de 30 metros de anchura; arroja desde hace 8 años vapores y masas de ceniza que cubren el cono a un pie de altura en un radio de un kilómetro, y exterminan toda la vegetación. A la altura de 2600 metros se encuentra una capa de traquita dividida en columnas verticales, sobre la cual se apoyan por el lado del Oeste depósitos de bloques andesíticos, de marga y de arena con fragmentos andesíticos. Por el lado del Este la traquita está cubierta por calizas, esquistos silíceos y margosos del Cretáceo inferior; ya sea metamorfoseados o con fósiles aún reconocibles; el pie de ese complejo está cubierto por conglomerados de cantos de sílice. Areniscas cuarzosas blancas y esquistos silíceos con foraminíferos (*Orthocerina*, *Rosalina*, *Textulina*, etc.) ocupan las alturas más cercanas al valle del Magdalena, cuyo fondo está formado por areniscas traquíticas o sieníticas deleznales, que contienen bloques de esas rocas; además por margas arenosas, esquistos arcillosos claros, blandos y silíceos. Todas esas capas [p. 53] están desprovistas de fósiles, deleznales y que se descomponen fácilmente; ellas están levantadas contra el río (en parte al Este), así como las capas con foraminíferos que las soportan. Esas capas se extienden aguas abajo (al Norte) hasta cerca de

Honda; al pie del Huila, del Barragán (según Codazzi) y del Tolima ellas están cubiertas de cenizas y de bloques volcánicos. En la vertiente oeste del Puracé afloran en el valle del Cauca capas terciarias de margas, de areniscas y de caliza, así como conglomerados de esquistos con foraminíferos que buzan con ángulos diversos, a menudo muy grandes; las calizas y arcillas se encuentran ser muy ricas en moluscos fósiles, como en Seguenge al NW de Popayán, y en Mulaló al N de Cali.

Esas capas terciarias están levantadas al Este contra el Cauca, como lo están las del valle del Magdalena; en los alrededores de Cartago ellas están cubiertas por una formación de agua dulce.

III

Volcanes del Pasto y del Azufral, separados por el valle del Guáitara aquí situado a una altura de aproximadamente 1600 metros, que corta las capas deleznable, de gran potencia, de ceniza pumítica y de toba volcánica, así como las de bloques y conglomerados (página 30).

El Azufral así como el Pasto están constituidos por una andesita traquítica que, en algunos sitios del pie de esos volcanes, ha tomado formas basálticas, representando columnas de 4 o 7 lados, más o menos regulares; en el lado oeste del Azufral esas columnas se encuentran acostadas en una colina de lava traquítica, que se apoya en el volcán de Pasto en la comarca de Charguabamba. La actividad de esos dos volcanes estaba casi apagada en la época de mi visita en 1854, exceptuadas pequeñas cantidades de vapor de agua que el Azufral arrojaba mezcladas con vapor de azufre e hidrógeno sulfurado. En la punta sureste del Azufral se encuentra encerrado entre rocas de andesita el gran cráter antiguo, semi circular, ahora lleno de agua: la Laguna verde; es un agua, que vista desde arriba, es del verde esmeralda más puro, vista de cerca es incolora, clara, casi sin sabor, tiene una débil reacción ácida y contiene en solución trazas de alumbre.

Una pequeña península sale del lago, casi enteramente compuesta de azufre; por lo menos la roca gris-negra original está a tal punto descompuesta en una grava blanca y mezclada con azufre, que el conjunto solo parece ser una masa de azufre, de las numerosas fisuras de la

cual se escapan vapor de agua y azufre con sus productos ordinarios de oxidación. En la superficie esos gases tienen una temperatura de 90°; más abajo están tan calientes que materias fácilmente inflamables se encienden en el aire cuando han sido expuestas a ellos por algún tiempo. Gases similares se escapan de las grietas de las rocas traquíticas que rodean el cráter. En la vertiente de ese cráter sureste, en la dirección del poblado de Túquerres, se encuentra, aparentemente hundida en la traquita, una gruesa masa de una roca granítica, de la cual el lecho del Guáitara contiene también algunos fragmentos.

Las aguas que surgen de la cima del Pasto están saturadas de sulfato ácido de alúmina que se reconoce simplemente al gusto; en varios lugares alrededor del antiguo cráter brotan fuentes termales. La vertiente del volcán está cubierta por capas potentes de bloques andesíticos, por cenizas y por tobas. Esta contiene, cerca de La Venta, granates, rubíes, safiros, etc¹². (ver página 34).

A esa andesita de formas basálticas del Azufral se adosa un esquisto amarillo silíceo con politalamías; es similar al de Vijes, atravesado por venas auríferas; también se lava oro en Samaniego, en la vecindad de ese esquisto, a una altura de 1500 metros, esto no coincide con la aserción de Francisco José de Caldas, quien es no obstante un observador hábil y verídico, pero quien dijo que el límite superior del lavado del oro no supera 800 metros. Cerca de Guachavez, encima de Samaniego, se le explota incluso por lavado a una altura de 2850 metros.

IV

El Imbabura está situado a los 0° 15' de latitud norte cerca de Ibarra, entre el Cotacachi y el Cayambe; está formado, como estos últimos, por andesita, y como ellos también en épocas pasadas ha, con frecuentes erupciones, modificado profundamente sus alrededores; nos da una demostración muy nítida de la manera y de la época de su formación. El núcleo de ese volcán es una andesita de masa fundamental de un color negro carbo-

¹²NdT. Sin duda se trata de un error: la única región donde se han encontrado esos minerales es Mercaderes, Cauca, al pie del volcán Doña Juana, al norte del Galeras y en la cuenca del río Mayo. Aparentemente el error no es geológico sino geográfico: Karsten sitúa el nacimiento del Mayo en el Galeras.

noso, y su punta está formada por altas paredes de rocas en semi círculo, que rodean el profundo cráter de forma de embudo cuya abertura está dirigida al Este. Capas de toba, ceniza pumítica y depósitos de lapilli cubren sus flancos. El núcleo volcánico de la montaña, la andesita, está cubierto en todos los alrededores por areniscas y por esquistos arcillosos vitrificados, cuya composición es análoga a la de las rocas que, en el valle del Patía y del [p. 54] Magdalena, se encuentran superpuestas al Terciario y al Cretáceo; solo aquí ellas son más firmes, habiéndose vuelto probablemente más duras por el metamorfismo, ellas se apoyan al núcleo central andesítico, que las ha levantado y atravesado. El lomo de esas capas, así como el pie de la montaña, está cubierto por potentes capas de lapilli y de ceniza pumítica, por tobas y conglomerados de rocas volcánicas. El Mira corta todas esas capas cerca de la ciudad, hasta 25 metros de profundidad. Una toba, que aflora en el flanco norte del Imbabura con una enorme potencia, forma el substrato de las otras capas de ceniza y de conglomerados. Al este del volcán, frente a la abertura de su cráter, la capa superior de bloques de andesita y rocas metamórficas fue removida y solo algunas colinas alargadas en forma de trapecio, cuyo eje mayor está orientado hacia el cráter, comprueban la presencia primitiva de toda esa capa de bloques; ellas llaman al mismo tiempo nuestra atención sobre la ocurrencia de inundaciones provenientes de la región mediana de la montaña, inundaciones que son aquí difíciles de explicar, puesto que el Imbabura no alcanza el límite de las nieves; quizás se podría admitir que todas esas capas de toba, de ceniza pumítica y de bloques se formaron ya bajo la superficie del mar, y que el levantamiento de todo ese macizo volcánico hasta su altura actual coincidió con un levantamiento simultáneo más fuerte del Imbabura y de la mayoría de esas cimas volcánicas de alguna importancia, levantamiento que tuvo como consecuencia una más fuerte corriente de agua en esa dirección. Un argumento en favor de esa hipótesis está en la presencia vecina de un yacimiento de moluscos marinos en una roca que alterna con bloques y cenizas de igual naturaleza, en Rumichaca al pie del volcán de Chiles.

V

Perfil de la cadena de montaña de Bogotá y de la de Medellín, situada en frente, pasando por el volcán del Ruiz; perfil de la cadena secundaria de Baudó, que limita el Océano Pacífico.

El volcán de Ruiz (4° 50' de latitud norte, 75° 40' de longitud occidental), el más septentrional de la Cordillera Central de la Nueva Granada, solo muestra actualmente, a semejanza de su vecino el Tolima, débiles huellas de su actividad volcánica que fue en otros tiempos considerable (ver página 31). Al Norte, hasta 5° 9', se encuentra una roca traquítica, en el cerro de Ventanas, cuyos restos son muy comunes hasta el valle del Cauca, y que Posada Arango considera un volcán apagado.

La mayor parte de las bajas regiones de esa cadena volcánica está compuesta por sienita que, en algunos sitios, se carga de mica y pasa a un granito, mientras que el anfíbol desaparece. Más abajo ese granito alterna con esquistos micáceos, arcillosos y cloritosos, que contienen capas de cuarcita, de mármol blanco o de caliza cristalina. Aquí y allí las capas plutónicas están atravesadas por la traquita. El pie del flanco oriental y la llanura vecina están cubiertos por capas potentes, perfectamente horizontales, de arcilla amarilla, de arena y de gravas, suprayacidas por una marga roja; la primera contiene numerosas improntas de hojas de dicotiledóneas, muy parecidas a las de árboles actuales; esas capas forman en su mayoría la secuencia más inferior de ese sistema, que en la vertiente occidental, allí donde descansa sobre la superficie erosionada y ondulada de las rocas plutónicas, está separado de ellas por una capa aurífera de bloques y de arcilla. De todas esas capas casi horizontales, que pertenecen a la época terciaria, todas las que en el valle del Magdalena suben a más de 1000 metros han sido totalmente erosionadas; algunas colinas solamente (b del perfil) cuya vertiente oriental está fuertemente inclinada cubren con sus domos los esquistos cristalinos y metamórficos con sus diversos buzamientos, algunos muy abruptos. A la altura de Mariquita (548 metros) la mayor parte de ese complejo terciario fue erosionada por las aguas que corrían del Oeste al Este. Las largas y estrechas mesetas que han quedado alargadas del Este al Oeste tienen por todas partes flancos escarpados. Es solamente en las comarcas más bajas donde el subsuelo

plutónico está completamente cubierto por el terciario y este grupo se oculta de nuevo bajo potentes depósitos de arena y de grava de rocas volcánicas, mezcladas con bloques de granito y de neis (a del perfil).

Es en esas capas de restos volcánicos y en esos depósitos neptunianos terciarios, cortados, frente del Ruiz del Oeste al Este por profundos valles transversales, donde el Magdalena ha cavado su lecho del Norte al Sur, limitado unas veces en la orilla izquierda, otras en la orilla derecha por grupos pintorescos de colinas formadas por esas capas horizontales de la época más reciente; en Honda estas descansan, en el lecho del río, sobre sienita hasta donde el río a los 4° 40' de latitud norte, más arriba de San Bartolomé, alcanza los aluviones horizontales poco movidos de su posición primitiva. Bajo estas afloran cerca de Simití (8° de latitud norte) esquistos negros y calizas azulosas, que más al Oeste soportan un depósito diluviano aurífero.

En su orilla derecha, frente al Ruiz se levantan los contrafuertes de las montañas de Bogotá; una arcilla [p. 55] roja micácea, que recuerda los esquistos micáceos del Ruiz, alterna con arenas y arcillas que contienen también mica y aquí y allí fragmentos más o menos gruesos de esquisto micáceo (incluso a una altura de 1000 metros, como en Guaduas). La arcilla roja (c) forma el substrato de una arena micácea y de conglomerados (d) de rocas silíceas, que provienen de los escarpes de esquistos con politalamías (e) de la vecindad; estos forman en el Alto del Trigo y del Palmar, a una altura de 2000 metros, las cimas de esas montañas y cubren potentes complejos de esquistos silíceos y de calizas del Cretáceo inferior, que contienen aquí, en el valle de Villeta (f), numerosos restos orgánicos.

En el flanco derecho de ese valle de Villeta, ese Cretáceo inferior está cubierto por alrededor de 1000 metros de arenisca cuarzosa y por esquistos silíceos (g) que suben hasta la meseta de Bogotá a 2700 metros y forman al Este de esa ciudad las aristas culminantes de la cadena; en la misma Bogotá están de nuevo suprayacidas por las capas terciarias de areniscas micáceas que pasan a conglomerados y por margas abigarradas, con niveles de cuarzo y de carbón.

En Zipaquirá se encuentra, en contacto con los escarpes perpendiculares del Cretáceo, apretado en sus

fisuras que se voltearon probablemente aún más en un levantamiento ulterior, el importante yacimiento de sal que abastece la mayor parte del país.

En los alrededores de Ubaté, como en el Guadalupe cerca de Bogotá, afloran las capas casi verticales de esa arenisca cretácea superior, cubiertas por depósitos terciarios casi horizontales. Así mismo al pie del Guadalupe se ven esas capas horizontales o depósitos terciarios similares con un muy débil buzamiento al Este; ellas forman el soporte del aluvión de la llanura, mientras que al pie de Monserrate, que solo está a poca distancia, el Terciario buza muy fuertemente, con el mismo ángulo que las capas del mismo Monserrate (página 28).

El pie del flanco occidental del Ruiz está también formado por rocas sieníticas, cristalinas y por esquistos metamórficos, en los cuales el Cauca ha cavado su lecho; en la vecindad de ese río ellas están cubiertas así mismo por capas horizontales de arena y por restos sieníticos y porfiríticos, que recuerdan los de la vertiente oriental, mientras que la cadena occidental, que separa la cuenca del Cauca de la del Atrato y que es la continuación de la de Cali, está constituida por pórfido y por capas metamórficas atravesadas por venas auríferas.

De esas rocas está formada la arena aurífera que, con gravas y margas, cubre las capas *in situ* del valle del Cauca y del Atrato. Al Oeste, en las orillas del Atrato, esas rocas están cubiertas por conglomerados y brechas conchíferas terciarias, que constituyen la cadena litoral de Baudó, la cual se extiende al Norte hasta el Istmo de Panamá (7° 15') y al Sur hasta 4° 10' de latitud norte.

VI

El volcán de Chiles, 0° 52' de latitud norte, con el cono de andesita de Guaca, situado en frente al Este y la llanura de Carlosama y Pupiales, que les separa, y que está cortada por el Guáitara.

Como el Guaca, el Chiles está también constituido por apilamientos de bancos de traquitas, de cuyas fisuras se escapaban en tiempos pasados vapores de azufre y de agua, tal como lo muestran los depósitos de azufre que allí se observan; ese fenómeno tiene también lugar en un segundo cono más pequeño del Chiles, la Oreja. Potentes capas de conglomerados formados a expensas

de esa traquita andesítica cubren las cimas laterales que se apoyan en la montaña principal (ver página 37); a esos conglomerados se adosan al Oeste, a una altura de 2600 metros, cerca de Mayasquer, rocas estratificadas que, según sus caracteres petrográficos, pertenecen al Terciario (ver página 44). El pie oriental del Chiles, en el valle que separa ese volcán del Guaca, muestra así mismo niveles de bloques de esquistos metamórficos y margas sobre las cuales, en La Laja (ver página 36), descansa un banco de andesita traquítica, irregularmente dividida en columnas (a), y de nuevo cubierta por potentes depósitos de ceniza pumítica, por bloques de traquita y por margas. En esas últimas capas se intercala en Rumichaca un banco de sílice con foraminíferos y otros animales de caparazón quizás vecinos de los lofirópodos. Un bloque de esa roca forma el célebre puente natural de Rumichaca.

VII

Volcanes de Pasto y de Bordoncillo, montañas de Berruecos, el valle del Patía y las cordilleras occidentales.

Las andesitas del Pasto y del Bordoncillo están cubiertas al Norte por potentes capas de bloques de rocas volcánicas y plutónicas por tobas y por marga arenosa roja, y por cuarcitas; ellas descansan [p. 56] sobre las rocas metamórficas y esquistosas que constituyen el macizo de Berruecos, situado entre los ríos del Juanambú y del Mayo.

El valle del Patía, que recibe esos dos ríos, corta en parte capas fuertemente levantadas, poco potentes, de esquistos margosos arcillosos o arenosos, de bloques de rocas cristalinas y de conglomerados de una caliza silíceas que contiene nódulos de sílex y conchas; esa caliza proviene posiblemente de capas que afloran *in situ* a algunas leguas de Popayán en la Cordillera Occidental (ver páginas 32, 52). Todas esas capas están aquí y allí cubiertas a su vez por niveles horizontales de una marga quizás volcánica (toba) que contiene fragmentos de rocas cristalinas y cristales aislados o fragmentos de rubíes-espinelas, granates, safiro y topacio. Esos dos complejos de capas: el grupo inferior levantado, compuesto por areniscas deleznable, por margas y bloques, y los depósitos de bloques y de arena que lo cubren en discordancia, esos dos sistemas afloran en todo el valle del Patía, así como en el curso superior del Cauca. Antes del

último gran levantamiento acompañado por erupciones volcánicas, antes del agrietamiento y el levantamiento de esas capas, esos dos valles formaban en efecto sobre un mar continuo o más bien un brazo de mar que, cuando más tarde el Sotará, el Puracé y el Huila extendieron sus bases por el lado del Oeste, después de su levantamiento, fue separado en dos partes y dio nacimiento a dos sistemas de ríos, de los cuales el meridional fue impedido de continuar su curso a través de la gran meseta volcánica ecuatorial y, girando al Oeste se arroja en el Gran Océano, arrastrando consigo en su curso impetuoso las rocas deleznable del valle del Patía; por el contrario las aguas que forman al Norte el segundo sistema, encuentran en las masas de las cordilleras occidental y central, que se acercan al norte de Cartago, una barrera que les obliga a correr más lentamente hasta allí y no permite el transporte de grandes masas de erosión; las capas solo fueron incisadas muy superficialmente y quedaron en general cubiertas de aluvión. Como consecuencia de ello se formó en los alrededores de Cartago un depósito de agua dulce (Perfil VIII).

VIII

Perfil tomado un poco más al Norte a través de las Cordilleras Central y Oriental, hasta las llanuras del Meta.

El volcán de Tolima, de 5616 metros de alto, y situado al sur del Ruiz, está compuesto como este por un núcleo andesítico que atravesó las rocas anfibólicas y micáceas así como los esquistos metamórficos. Ya solo muestra ahora débiles huellas de una actividad en otros tiempos considerable; solo fuentes sulfurosas, exhalaciones de vapor de agua, y de hidrógeno sulfurado, mezcladas con un poco de ácido carbónico se escapan del viejo cráter, cerca del límite de las nieves.

Por el lado del Oeste, la base del Tolima toca con el valle de Cartago, que ya describimos más arriba (página 31), con su cuenca de agua dulce; por el Este llega al valle del Magdalena que forma a sus pies una llanura ancha de varias leguas, cuyas capas horizontales están constituidas por bloques de rocas que forman la base del Tolima; en la vecindad del río, en Piedras, ellas han sido dislocadas y levantadas, lo que parece tener por causa la presencia de una roca clorítica (ver páginas 30 y 53).

En la orilla derecha del río encontramos las mismas rocas que hemos observado frente al Ruiz. Cerca del Magdalena aflora el Terciario del valle de Neiva, más arriba cerca de Tocaima los esquistos silíceos con foraminíferos, y debajo el Cretáceo inferior que se reconoce en Anapoima (1131 metros) por sus numerosos fósiles y que aparece hasta la vecindad de la Mesa de Juan Díaz (1200 metros). De aquí hacia arriba el Cretáceo inferior se hace más raro y, a la altura de 2000 metros, afloran solo las capas con foraminíferos del Cretáceo superior, que forman las más altas cimas del macizo oriental.

En La Mesa y Anapoima el Cretáceo buza 45° al Este, está cubierto por potentes depósitos de bloques del Cretáceo reciente; las cabezas de sus capas le rodean en hemicírculo, su fondo sumergido antes del levantamiento de la época terciaria fue rellenado por esos restos. Exhumadas por ese último levantamiento, las masas de gravas que rodeaban la Mesa actual de Juan Díaz fueron erosionadas por las olas del mar terciario.

En el lado oriental de Monserrate y de Guadalupe, afloran, bajo las capas de foraminíferos, los estratos del Gault y bajo estos las margas y calizas neocomianas, que, más al Este, parecen tener una potencia aún mayor, mientras que la del Gault disminuye.

En esa comarca, sobre todo entre Chipaque y Cáqueza, las curvaturas y los plegamientos grandiosos e interesantes de esas capas de areniscas y de esquistos arcillosos nos dan una idea de la fuerza que las levantó y de la extensión del calor terrestre hasta las capas más superiores, sin que ella haya subido suficientemente alto para alterar y metamorfosear las rocas, como sucedió con algunas [p. 57] capas más al Este. Aquí vemos capas de arenisca con foraminíferos alternar con delgados niveles de esquistos arcillosos; complejos de 30-40 metros de potencia están curvados en arco de círculo cuyos bordes son perpendiculares uno al otro sin que la roca sea mínimamente fisurada en el medio; es claro que esas capas, bajo la influencia de las fuerzas que causaron su levantamiento, fueron calentadas, más o menos ablandadas, lo que transformó las capas de arena y de arcilla en cuarcitas y arcillolitas. Más al Este el calor interno del globo parece haber actuado más fuertemente sobre las masas neptunianas, que son aquí más compactas, más esquistosas,

más metamorfoseadas, más similares a las rocas plutónicas; los esquistos arcillosos son o micáceos o cloríticos, ondulados, las areniscas gruesas y los conglomerados compactos, firmes y fuertemente cementados.

En el borde oriental de ese macizo, cerca de las llanuras del Meta, en Cumaral, aflora un yacimiento de sal gema en las mismas condiciones que el de Zipaquirá cerca de Bogotá, al pie de un escarpe levantado de rocas cretáceas; está cubierto por un depósito de 6 metros de espesor de rocas clásticas negras, que se apoya sobre el borde derecho a capas metamorfoseadas, perpendiculares, de la época terciaria; son capas de conglomerados de cerca de 1 metro de espesor, que alternan con una arenisca de unos 0.3 metros de potencia y capas de esquistos arcillosos de 0.1 metro de espesor. Los conglomerados están compuestos por bloques de cuarzo blanco ahora levantados¹³ o por fragmentos angulosos de esquistos margosos, de cuarzo y de arenisca; tienen un grosor diferente en las diferentes capas y en la vecindad de la sal están mezclados con piritas de hierro. La sal contiene así mismo cristales de esta substancia con azufre nativo. Un poco más al Sur esas capas retoman su aspecto natural; en Villavicencio los valles transversales del macizo, en la vecindad inmediata de las llanuras, están rellenos de unos 100 a 200 metros de capas de bloques que se extienden al Este en las llanuras hasta una distancia de 20 millas; disminuyen poco a poco de potencia y dejan finalmente reaparecer las capas terciarias que cubren las llanuras del Meta, del Apure y del Orinoco. Estas están representadas por las areniscas cuarzosas gruesas rojo-marrón, las margas abigarradas y los esquistos arcillosos arenosos, que ya sabemos cubren las llanuras de Venezuela en Baúl, Calabozo, Barcelona, etc., y que se extienden hasta el pie del macizo granito-plutónico de la Guayana.

IX

Perfil que da Humboldt del macizo litoral de Caracas hasta los Llanos, a los 67° 30' de longitud occidental aproximadamente (*Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft* V. Berlin 1856; ver allí páginas 13 y 14); en la página 18 Humboldt escribe a Ewald: Quizás es de al-

¹³NdT. Probable error en el texto original. Quizás redondeados?

gún interés estudiar un poco las formaciones antiguas periódicamente alternantes de esquisto verde, serpentina y diabasa así como las masas eruptivas plutónicas (llamadas volcánicas en el Viaje¹⁴, etc., Volumen VI, página 37 y Volumen X, página 306) de pórfido amigdaloides y esquistoso, que forman la antigua orilla de esa gran cuenca neptuniana (Llanos de Caracas). Los bordes de esas cuencas eran bien aptos para facilitar erupciones. – Ewald, transcribiendo ese texto, publica las comunicaciones que siguen del libro de Humboldt “¹⁵ Viaje a las regiones esquinorales, Volumen VI, páginas 30-38 y Volumen X, páginas 261-275 y 305, para explicar el perfil geológico dado por Humboldt del macizo litoral y del distrito meridional adyacente de Valencia y de Parapara. Ewald las publicó en esa obra en 1853 y yo las reproduzco en la Plancha II de los perfiles siguientes.

La zona de neises y de esquistos micáceos que ocupa la parte septentrional del macizo costero de Venezuela, tiene, desde el mar hasta la Villa de Cura, una anchura de 10 leguas. Ella se compone, allí donde el perfil la corta, de dos cadenas paralelas de las cuales la meridional está formada exclusivamente por las dos rocas mencionadas, mientras que la del Norte contiene además granito. Entre las dos cadenas las mesetas de Aragua forman un valle longitudinal donde Nueva Valencia está situada a 234 toesas, el lago de Tacarigua a 222 toesas sobre el nivel del mar. El flanco meridional de la cordillera litoral interior de la meseta de Cura (266 toesas) hasta los Llanos, tiene aún una anchura de 8 leguas. Es en esa parte del perfil donde se encuentra esa alternancia de esquistos verdes, de diabasas y de serpentinas, asociación que, incluso en los puntos del globo más alejados, se reconoce cada vez más como constante. Una diabasa de un verde negruzco de grano fino, sin cuarzo, forma en esa parte del perfil la masa principal; serpentinas de un verde oliva oscuro y de ruptura desigual afloran allí intercaladas en sub-orden; los esquistos verdes finalmente son en algunos lugares distintamente talcosos y contienen anfíbol, pero sin mica ni cuarzo. Al sur de Malpaso, donde ese esquisto

verde pierde su anfíbol, pasa a los esquistos azul-negros llamados “Piedras azules”. Del medio de esa alternancia de rocas se levantan como ruinas las rocas calcáreas de los “Morros de San Juan”. La caliza de esos morros es cristalina, o muy compacta, o incoherente y de color verde grisoso, contiene lentejuelas de mica aisladas; contiene bancos de una roca oscura, esquistosa, donde se reconoce una transición a un esquisto arcilloso de transición o a un [p. 58] esquisto silíceo; forma quizás un nivel subordinado en medio de un complejo de esas rocas metamórficas, de esquistos verdes, de diabasas y de serpentinas y pertenece sin duda alguna a uno de los terrenos paleozoicos. Todas esas rocas buzan bastante regularmente contra la costa. Sobre la caliza de los Morros se apoyan otras calizas fosilíferas de edad evidentemente más reciente. Si se avanza al Sur contra los Llanos, se llega entre Parapara, Ortiz y el Cerro de Flores, a amigdaloides augíticos y fonolitas. Estas últimas corresponden exactamente a las de la Bohemia Central; cristales de feldespatos vidriosos que están envueltos en la masa, les dan una apariencia porfirítica. Ellas nos dan la prueba cierta de que existen rocas de naturaleza eruptiva evidente y de edad relativamente reciente, que separan los Llanos de los macizos de la costa. Los pórfidos amigdaloides tienen un color azul grisáceo, son vidriosos, contienen cristales de augita agrietados, mesotipo y se dividen en esferoides concéntricos. Se asocian estrechamente con las fonolitas y penetran en las diabasas de manera a alternar con ellas. Esas fonolitas y amigdaloides forman montañas cónicas, elevadas 30 a 40 toesas encima de los Llanos. Estos solo yacen ordinariamente a 40-90 toesas por encima del mar, teniendo en medio de ellos la pequeña ciudad de Calabozo a una altura de 94 toesas.

X y XI

Dos perfiles de la región descrita por Humboldt (perfil IX) publicados en el año 1862 del periódico arriba mencionado (página 57).

Ambos están tomados de Norte a Sur a una distancia de un grado y medio de longitud.

El perfil oriental pasa por el punto más profundo del lago de Valencia, que, según Codazzi está a 334 metros debajo de la superficie del agua, corta la alta cadena lito-

¹⁴NdT. Sin duda se refiere al Viaje a las regiones esquinorales del Nuevo Continente, obra de autoría de Humboldt.

¹⁵NdT. Las comillas no cierran en el texto original.

ral exterior en la Cumbre de Choroní, la cadena interior paralela en un paso cerca de Villa de Cura; corre luego por la más alta cima de los Morros de San Juan y el Voladero de la Galera, la cadena meridional de colinas que limita los Llanos.

En el perfil occidental las dos cadenas costeras están igualmente cortadas, la del Norte en la Hilaria (Cumbre de Valencia), las del Sur en las bajas hileras de colinas del Tinaquillo. La tercera, que corresponde a los Morros de San Juan, está compuesta por torres de rocas calcáreas aisladas, que se encuentran también en varios sitios de esa región, por ejemplo al oeste de San Juan cerca de Altar y al este cerca de San Sebastián y de Orituco, pero no a lo largo del perfil; en cambio la Galera está también cortada, cerca de la pequeña ciudad de Pao, a una altura de 568 metros.

Más o menos a un grado al sur de Pao se levanta, de las areniscas y margas terciarias de las vastas mesetas de los Llanos, el macizo de 1500 metros de altura de la Galera del Baúl, grupo de montañas que corren del Sur al Norte y compuesto por granito, por sienita, por pórfido feldespático y por rocas dioríticas. Ese macizo, totalmente aislado en los Llanos, parece ser un ramal del sistema de la Parima que se extiende al sur del Orinoco. No observé en la cordillera de Venezuela los cristales a veces muy grandes de feldespato rojo que afloran en esas rocas en San Bartolo en la orilla derecha del Chirgua. En esas sienitas y granitos están incluidos bancos de arenisca que, sobre todo cerca de la superficie de las capas, contienen anfíbol, mica y feldespato y pasan a un pórfido feldespático (ver página 14).

La cadena litoral que tiene su punto culminante en el Niguatá de Caracas (2800 metros), situado al este de Choroní, está constituida en mayor parte por sienitas y por neises anfibólicos. En general están intercalados en esas rocas plutónicas, sobre todo en la vertiente meridional, complejos de capas de esquistos micáceos, de cuarcitas micáceas, de esquistos anfibólicos y otras rocas similares, que buzan la mayoría al NE. En Las Trincheras en el pie occidental del Hilaria la masa sienítica contiene fragmentos a veces angulosos del esquisto anfibólico que le está superpuesto. En Puerto Cabello en el pie norte del Hilaria, como en Sabana Larga de San Mateo al pie sur

del Choroní y en otros sitios, se intercalan entre esas capas bancos de mármol.

En el pie sur del Hilaria aflora en Valencia una caliza, cristalina, granular y azul clara en la parte inferior, y similar a la de los Morros de San Juan, incluye fragmentos angulosos del grosor del pulgar de esquistos arcillosos y silíceos amarillos micáceos; según parece, está superpuesta a las rocas de esos grupos antiguos, plutónicos y metamórficos.

La cadena meridional corre más o menos paralelamente a la del Norte que bordea el mar; tiene su punto culminante un poco al Este del Meridiano del Choroní en el Guaraima, de 1670 metros de alto, y el Roncador, de 1453 metros de altura. La diabasa parece ser en esa cadena la roca predominante; sin embargo aflora también neis, esquisto micáceo, granulita y diorita, sobre todo en sus ramificaciones [p. 59] occidentales, como por ejemplo en el Abra de Cura y en Tinaquillo de los dos perfiles anexos. Las rocas cretáceas que, parcial o enteramente, constituyen la prolongación oriental de esa pequeña cadena hasta el cabo de Unare, forman también los niveles superiores de su parte occidental. Esas rocas plutónicas perforan en domos aislados el terreno neptuniano más reciente que se recuesta a ellas y que limita las vastas llanuras uniformes del Orinoco.

De 60° 30' a 70° 35' la pequeña cadena de 600 metros de altura llamada "Galera" forma los contrafuertes meridionales extremos del alto macizo de Caracas y de Valencia. Más allá de esos meridianos la vertiente sur de la cadena costera interior del Guaraima y del Roncador va bajando sucesivamente hasta las llanuras del Orinoco, cuyo suelo compuesto por capas terciarias recientes casi horizontales está cubierto por el aluvium que proviene de las montañas.

La mayor parte de esa zona de montañas está, como ya lo dije, constituida por rocas neptunianas que dejan todavía reconocer fósiles.

Incluso en el valle que yace entre esas dos cadenas de montañas plutónicas se encuentran fósiles terciarios sepultados en las calizas y arcillas de los alrededores de Caracas, al este de esa localidad, en Caucagua y Santa Lucía.

Una discordancia de estratificación, así como una diferencia en la dirección y el ángulo de buzamiento de

las capas neptunianas permiten dividir estas últimas en dos terrenos diferentes. Amonitas e inoceramios caracterizan las capas inferiores que buzaban abruptamente del WSW al ENE; los niveles superiores al contrario, con un ángulo de inclinación débil, y corriendo del Oeste al Este, se distinguen por una gran abundancia de foraminíferos.

El primero de esos pisos, poco extenso, está constituido por esquistos calcáreos, silíceos o arcillosos, más oscuros, más compactos, incluso cristalinos en las capas inferiores; son “los esquistos azul-negro de Piedras Azules y Parapara” de Humboldt, sobre todo cortados por el perfil oriental, sucede lo mismo en Moja Dulce y Malpaso entre San Juan y Parapara.

Los esquistos con politalamías, formados ya sea por calizas azul claro, ya sea por brechas compuestas por esquistos arcillosos finos, de caliza o de cuarzo, y que cubren gran parte del territorio representado en los dos perfiles, fueron designados por Humboldt en parte con los nombres de esquistos verdes y de Grünstein. Esas capas del Cretáceo superior fueron también encontradas en otros sitios en estado cristalino, como en Quebraditas cerca de San Juan de los Morros donde forman el techo de una roca cloritizada que tiene el aspecto de la serpentina.

En San Juan observé en mi primera visita un bloque aislado con cristales de feldespato vidrioso que me hizo esperar descubrir la roca augítica señalada por Humboldt en la vecindad, es decir en el Cerro de Flores, y que le dieron la idea que las llanuras del Orinoco estarían, tanto en el Norte como en el Oeste, rodeadas de formaciones eruptivas.

No lo logré sin embargo; ni en el sitio designado especialmente por Humboldt, el Cerro de Flores, ni en otras partes de Venezuela vi augitas, y estoy convencido de que, si una roca augítica aflora en alguna parte en esos alrededores de los Llanos, debe tener una extensión muy restringida.

En todo caso la opinión emitida por Humboldt es falsa, y el yacimiento de esas rocas volcánicas, ahora lla-

madas plutónicas, que él indica, no debe por nada del mundo estar situado en las Galeras de Ortiz y de Parapara, de San Francisco y de Pao, etc.

Esas Galeras, que componen las cadenas más meridionales y bordean los Llanos, se componen de capas de una arenisca cuarzosa rojiza y de esquistos arcillosos poco resistentes que tienen la mayoría de las veces un ángulo de buzamiento muy abierto, son incluso con frecuencia verticales y a veces onduladas, como el perfil occidental lo indica en la Galera de Pao.

Esas rocas están en su mayoría agrietadas, las paredes de las grietas tapizadas con cristales; en los esquistos arcillosos se encuentran improntas o moldes en relieve que recuerdan las trazas de chirotherium. En el “Volador” cerca de Ortiz encontré en ellas politalamías. Cerca de Pao observé la discordancia de estratificación señalada en el perfil entre esas capas y las del Cretáceo inferior.

El fuerte ángulo de buzamiento de las capas de la Galera, hecho excepcional para los esquistos con politalamías y que parece así mismo predominar en los Morros de San Juan, se repite en todo el contorno de esa zona, afectando las capas neptúnicas recientes; sucede lo mismo en la costa norte, cerca de Panapo al este de Riochico y en el Cabo Blanco cerca de La Guaira.

En el pie sur de la Galera de Pao encontré, en la quebrada de Potrero, una arcilla esquistosa azul, fácilmente desprendible, alternando con capas de arenisca; buza 15° al Norte y contiene diferentes [p. 60] especies de moluscos terciarios, entre otros la *scalaria* que se observa también en la comarca de Caracas a Caucagua (quebrada Mercurio).

Es la misma arcilla que me pareció, a una jornada de camino más al sur, en Huises, alternar con los conglomerados cuarzosos y las areniscas muy comunes en los Llanos, donde contiene igualmente restos de moluscos bivalvos, terciarios o cuaternarios.

En Calabozo el substrato de esas rocas está formado por un potente depósito de bloques de cuarzo blanco.

EXPLICACIÓN DE LAS PLANCHAS*

Salvo indicación contraria, todas las figuras son de tamaño natural

PLANCHA I

Figura 1. *Ptychoceras Humboldtianus* Krst., de Cáqueza; a) vista de lado; b) corte transversal; c) vista ideal de la concha libre.

Figura 2. *Hamites Degenhardtii*, Buch, var. *inflatus*, Krst., Vélez; a) vista de lado; b) vista del lado ventral; c) corte transversal; d) joven individuo visto de lado.

Figura 3. *Crioceras Duvalii* Leveillé, var. *undulatus* Krst., Cáqueza; a) vista de lado; b) corte transversal.

Figura 4. *Ancyloceras Beryrichii* Krst., Vélez; a) vista de lado; b) un fragmento visto del dorso; c) una pared ampliada; d) contorno de la última en tamaño natural.

Figura 5. *Lindigia helicoceroïdes* Krst.; Las Casitas cerca de San Benito; a) y b) restauración de la forma ideal del animal; c) vista dorsal.

Figura 6. *Ammonites Noeggerathii* Krst.; Cáqueza, a) vista de lado, concha un poco deteriorada cerca del umbilicus; b) vista de la boca.

Figura 7. *Ammonites Caquesensis* Krst.; Cáqueza; a) vista del umbilicus; b) vista dorsal.

Figura 8. *Ammonites Ubaquensis* Krst.; Ubaque; como la anterior.

PLANCHA II

Figura 1. *Baculites granatensis* Krst.; Inzá; a) vista de lado; b) corte transversal.

Figura 2. *Baculites Maldonadi* Krst.; Inzá; como la anterior.

Figura 3. *Ammonites Trianae* Krst.; Vélez; a) vista de lado; b) vista de la boca.

Figura 4. *Ammonites Roseanus* Krst.; Quetame al este de Bogotá; ídem.

Figura 5. *Ammonites Leonhardianus* Krst.; Trujillo (Venezuela). Idem.

Figura 6. *Ammonites galeatus* Buch, Tocaima. Idem.

Figura 7. *Ammonites Didayanus* d'Orb.; Vélez. Idem.

Figura 8. *Ammonites pulchellus* d'Orb.; Vélez. Idem.

Figura 9. *Ammonites compressissimus* d'Orb.; Vélez. Idem.

PLANCHA III

Figura 1. *Ammonites galeatoïdes* Krst.; Vélez. Idem.

Figura 2. *Ammonites Caicedi* Krst.; Vélez. Idem.

Figura 3. *Ammonites Lindigii* Krst.; Tunja. Idem.

Figura 4. *Ammonites Codazzianus* Krst.; Tunja. Idem.

Figura 5. Joven ejemplar de la misma.

PLANCHA IV

Figura 1. *Ammonites Treffryanus* Krst.; Tocaima. a) vista de lado; b) vista dorsal.

Figura 2. *Ammonites Toroanus* Krst.; Barbacoas (Venezuela). Idem.

Figura 3. *Ammonites Ospinae*. Mismo sitio. Idem.

Figura 4. *Ammonites Mosquerae* Krst. Mismo sitio. a) y b) como la anterior; c) un fragmento de la concha ampliada.

Figura 5. *Ammonites Barbacoënsis* Krst.; mismo sitio; a) lado del umbilicus; b) lado de la boca.

PLANCHA V

Figura 1. *Ammonites Karsteni* Marcou (A. Acostae Krst.) Tocaima; como la anterior.

Figura 2. *Ammonites Hopkinsi* Forbes; Leiva. Idem.

Figura 3 y 4. Jóvenes ejemplares de la misma.

Figura 5. *Ammonites Dupinianus* d'Orb.; Vélez. Idem.

Figura 6. *Inoceramus Roemeri* Krst. Inzá.

Figura 7. *Crassatella Buchiana* Krst. Zapatoca (en el Chicamocha); a) vista de lado por la valva derecha; b) vista por encima del lado del crochet; c) vista de frente por el lado del crochet.

*Ver para explicación detallada "Amtlicher Bericht, etc, 1858 página 101."

PLANCHA VI

Figura 1. *Terebratula Haueri* Krst.; a) por el lado ventral; b) por el lado dorsal; c) por el lado anterior.

Figura 2. *Cyclopaea Rumichacae* Krst.; en la orilla sur del Guáitara (río Males); una masa de la roca madre forma el Puente del Inca; Rumichaca. a) caparazones en la roca, fuertemente ampliados; b) corte longitudinal del caparazón, por la pared mediana un poco encostrada; c) corte transversal del mismo, por el medio de esa pared bien conservada; d) corte transversal, de la pared mediana faltaba la mitad, la otra parte encostrada; e) corte transversal de una extremidad; f) mismo corte con la pared mediana fuertemente incrustada.

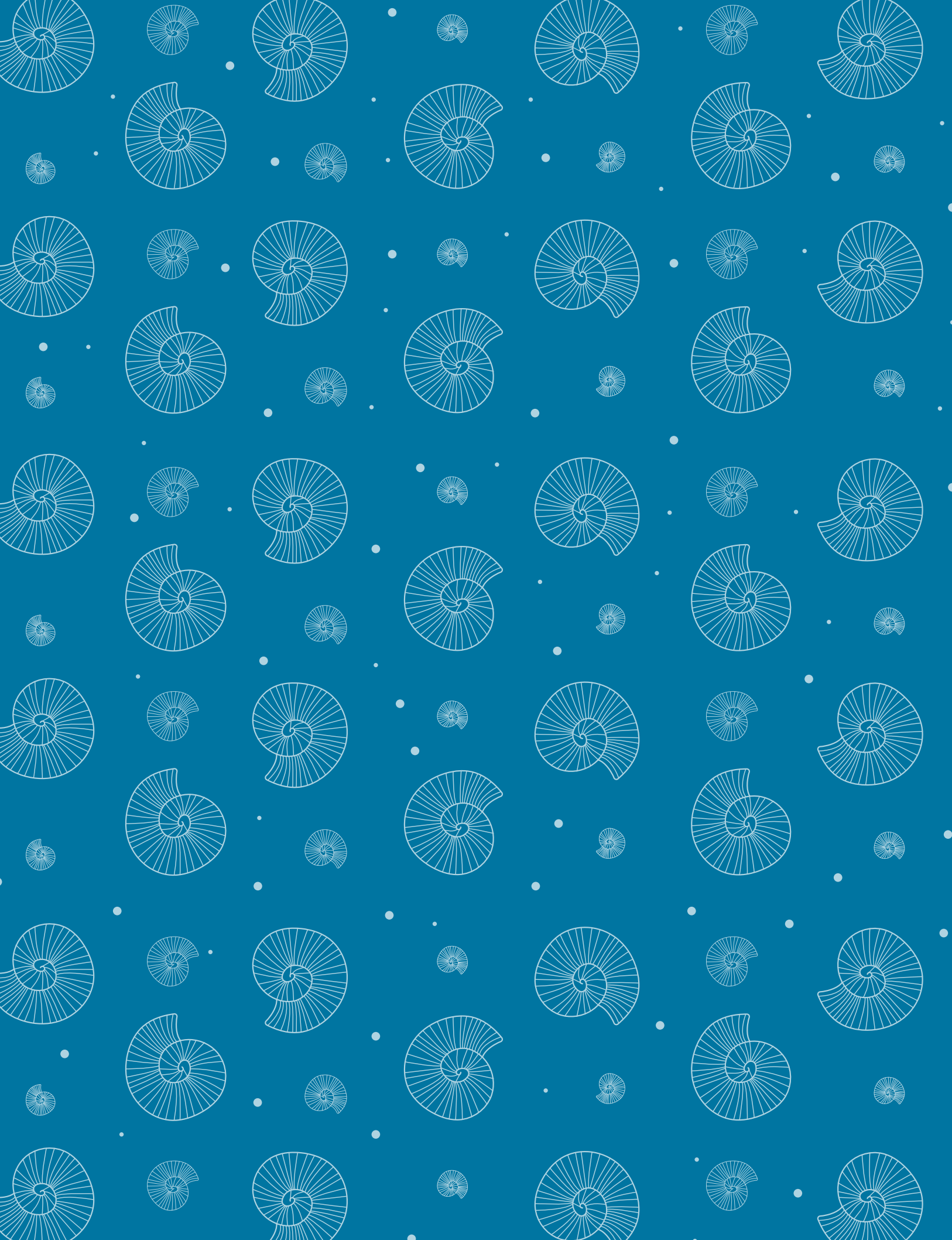
Figura 3. *Orthocerina Ewaldi* Krst. Tocaima; a) caparazón en la roca, visto de lado, fuertemente ampliado; al mismo, de tamaño natural; b) corte longitudinal por la línea mediana, en una de las extremidades el canal mediano ha sido levantado por el pulido; c) corte transversal donde el canal mediano aparece como un hueco redondo.

Figura 4. *Planulina Zapatocensis* Krst.; Zapatoca en el Sogamoso; a) vista lateral, ampliada, de arriba; b) vista similar, de abajo; c) tamaño natural; d) vista de la boca; esta no está conservada, sino incrustada irregularmente.

Figura 5. *Robulina Sogamozae* Krst. a) vista de lado ampliada, a' de arriba; b) vista de la boca; c) tamaño natural.

Figura 6. *Orbitulina Venezuelana* Krst. Trujillo Betijoque, Escuque etc. (Venezuela). a) vista de la cara convexa, tamaño natural; a' ampliada; b) la cara cóncava; c) corte transversal; d) una parte del caparazón fuertemente ampliada; un fragmento de la concha está destruido, lo que permite ver las células interiores; e) las láminas concéntricas tales como aparecen después del tratamiento con el ácido.

Figura 7. *Gallionella decussata* Ehrbg. Cartago *G. distans* Ehrbg., y *G. marchica* Ehrbg. ampliadas 500 veces; a) en estado natural; b) después de la acción del ácido clorídrico.



LIBRO ORIGINAL



558
K17.

Comisión Científica
Nacional.

G É O L O G I E

DE

L'ANCIENNE COLOMBIE BOLIVARIENNE

VÉNÉZUELA, NOUVELLE-GRENADE ET ECUADOR

PAR

HERMANN KARSTEN

DR. PHIL. ET MÈD. ET PROFESSEUR DE BOTANIQUE



BIBLIOTECA

AVEC HUIT PLANCHES ET UNE CARTE GÉOLOGIQUE

BERLIN

R. FRIEDLÄNDER & SOHN

1886

1858

MINISTERIO DE INDUSTRIAS

Comisión Científica Nacional

AUX HABITANTS DE LA COLOMBIE

DEDIÉ

EN SOUVENIR DE RECONNAISSANCE

PAR

L'AUTEUR.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages
Avant-Propos	3
Vénézuëla	7
Territoire de Est-Vénézuëla	8
Cumana (massif de)	8
Barcelone	11
Caracas (chaîne intérieure de)	12
Llanos de Calabozo	14—16
Guyane	15
Territoire de Ouest-Vénézuëla	16
Merida (massif de)	17
Coro (la terre de)	19—21
Paraguana (presqu'île de)	20
Maracaybo	22
Nouvelle Grenade	22
Côte nord (massif de Santa Marta et la vallée d'Upar)	22 et 23
Cartagène (volcan Zamba)	23
Cordillères (orographie des)	25
Chaîne orientale	26
Chaîne centrale	30
Chaîne occidentale et la vallée du Patia	32
Chaîne de Baudo et de Panama	34
Ecuador	35
Résumé	46
Explication des profils	52
Explication des figures de fossiles	61

AVANT-PROPOS.

J'offre ici aux habitants de la Colombie l'exposé des observations scientifiques que j'ai faites dans cette contrée, comme premier commencement d'une description géognostique de cette région, quoique je sache fort bien que ma connaissance de leur pays si intéressant souffre encore de beaucoup de lacunes.

La petite carte géognostique jointe à ce travail est le produit de la coordination de beaucoup de points que j'ai visités en partie moi-même, et d'autres qui ne me sont connus que par des descriptions. Ils m'ont servi à relier entre eux les grands districts encore inexplorés qui les séparent, procédé auquel m'autorisaient le développement et la disposition extraordinairement uniformes des divers terrains qui constituent ce pays.

Cette carte ne fait que constater la prédominance de ces terrains dans leurs territoires respectifs, sans avoir autrement égard à leurs rapports de gisement; par exemple dans les montagnes de Cundinamarca, qui sont formées de terrasses composées des différents étages crétacés, je n'ai indiqué que la présence et la prédominance des Crétacés inférieur et supérieur, mais leur répartition entre les différentes localités n'est pas représentée plus en détail. De même pour ce qui concerne la superposition au Crétacé de dépôts tertiaires de moindre importance, que je constatai dans cette région et celle que j'observai dans les montagnes de Cumana, je dus me borner à mentionner ces faits dans le texte sans les indiquer sur la carte. Celle-ci en effet n'a pour but que de montrer la répartition des terrains les plus importants et laisse au texte le soin de décrire le reste. Je n'ai pas non plus séparé le tertiaire du quaternaire, car l'étude détaillée de leur faune est encore à faire.

Je dois laisser à mes successeurs le soin de dresser des cartes spéciales plus exactes. Ils auront aussi à faire l'étude comparée des restes organisés que leur offriront les divers étages des terrains sédimentaires. J'aurais pu moi-même produire beaucoup plus, si les moyens dont je disposais pour le transport de collections n'avaient pas été si limités, et si avant le commencement de mon voyage j'avais été préparé à ce qui m'attendait. Mais j'arrivai dans un pays à peu près complètement inconnu au point de vue géognostique, dont je devais étudier la constitution dès les premiers éléments et me contenter d'en tracer les lignes générales.

J'ai indiqué dans l'Introduction les régions visitées par moi. Puisse ce résultat d'une exploration de 12 années, dénuée de toutes commodités, dans des contrées alors encore inhospitalières et pour la plupart desquelles je manquais de cartes géographiques exactes, puisse-t-il, dis-je, faciliter à mes successeurs une étude plus détaillée et apporter à la science l'utilité et les avantages vers lesquels ont tendu mes efforts!

HERMANN KARSTEN.

La région du Sud-Amérique dont je décris la géologie dans les pages suivantes comprend la république de Colombie, fondée par Simon Bolivar en 1820, mais qui, déjà pendant les dernières années de la vie du „Libertador“ se démembra en trois Etats: Ecuador, Nouvelle Grenade et Venezuela. Plus tard les deux derniers, imitant les Etats-Unis de l'Amérique du Nord, prirent le nom d'Etat fédératif. La Nouvelle Grenade prit alors (1861) le nom d'„Estados unidos de Columbia“. — Ici, comme dans mes autres travaux d'histoire naturelle, j'ai employé les noms de Colombie et de Nouvelle Grenade selon leur justification historique.

J'explorai cet immense territoire de la Colombie (environ 50 000 milles carrés) au point de vue de sa végétation et de sa constitution minéralogique, autant que le permettait un voyage de 12 années. Cependant je ne pus guère en visiter que la moitié, et encore dus-je me contenter d'en toucher des points isolés ou de suivre des directions générales. Il me manque l'étude de la Guyane située au Sud de l'Orénoque, de même que celle de la côte du Pacifique et des provinces d'Antioquia et de Darien qui s'y attachent, à partir du cours inférieur du Magdalena. Je ne pus non plus explorer la partie des Cordillères située au Sud du Riobamba, ni les dépressions de l'Ecuador à l'Ouest et à l'Est de ces chaînes.

Dans les vastes plaines qui s'étalent au pied oriental des Cordillères de la Nouvelle Grenade, je ne pénétrai que jusqu'au village d'Jiramene, situé sur le Meta (Humadea). Quant à la grande plaine au Nord des bords de l'Orénoque, je la parcourus du côté du Nord à partir des montagnes de Venezuela jusqu'à Maturin, Calabozo et Barinas. Par contre la côte nord de Venezuela, de Cariaco jusqu'au delà de la presqu'île de Paraguana, à l'Ouest, ne compte que peu de points laissés inexplorés. Je parcourus dans les directions les plus diverses, et pour la plupart plusieurs fois, les massifs situés entre la côte et l'Orénoque, m'avancant à l'Ouest jusqu'à Pamplona; il en est de même pour la côte de la Nouvelle Grenade, du Rio Hacha jusqu'à Cartagena. Je gravis les montagnes de Santa-Marta, du côté du Nord, jusqu'à la limite des neiges, et fis tout le tour de leur pied, m'élevant ça et là sur leurs premières pentes de même que sur celles du massif de Perija, qui les limite au Sud. Déjà une fois, de Macaraybo, je m'étais avancé dans cette basse Sierra Perija, l'extrémité septentrionale du massif d'Ocaña, Cordillères orientales de la Nouvelle Grenade, sans avoir pu alors effectuer le passage projeté dans la vallée d'Upar. D'ici (Upar), je me dirigeai plus tard suivant d'abord le pied de la montagne et m'élevant ensuite sur ses versants Ouest, sur Ocaña et de là dans le massif lui-même, puis, avec quelques pointes de côté et d'autre, par Jiron, Bucaramanga, Socorro, Tunja, Chiquinquirá, Zipaquirá, sur Bogota, d'où je traversai plusieurs fois la chaîne dans différentes directions et atteignis les plaines de l'Orénoque. De même je visitai, de Bogota, les mines d'argent de Santa Ana, près de Mariquita, puis, passant la chaîne de Quindio, je me dirigeai vers Cartago et de là, montant la vallée sur le versant occidental des Cordillères centrales, j'arrivai à Popayan, puis descendis de nouveau sur la rive gauche du Cauca jusqu'à Cali d'où j'explorai encore à une journée de chemin dans la direction septentrionale les pentes orientales du massif. De Popayan, d'où je visitai à l'Est le Purace et à l'Ouest les montagnes de Buenaventura —, j'atteignis, par la vallée de Patia, Pasto et Tuquerres, passai quelque temps à étudier cette contrée et les volcans des environs, et descendis, par les versants Ouest de l'Azufral et de Chiles, jusqu'aux plaines qui délimitent l'Océan Pacifique. De Tuquerres je continuai ensuite mon voyage au Sud jusqu'à Riobamba, tantôt m'élevant sur quelques-uns des nombreux volcans de ces hauts-plateaux, tantôt descendant vers l'Ouest (à la frontière de l'Ecuador) dans les plaines du Putumayo. A mon retour je franchis le col de Guanacas, et parcourus la vallée du Magdalena, la descendant jusqu'à Tocayma; étant ensuite retourné à Bogota, je m'embarquai enfin sur le fleuve du Magdalena, de Honda à Sabanilla.

C'est ainsi que je fis connaissance avec ce gigantesque hémicycle de montagnes qui entoure à l'Ouest les plaines immenses, s'étendant du 10° lat. Nord au 18° lat. Sud, maintenant encore pour la plupart inextricables, et qui environnent les massifs plutoniques de la Guyane et du Brésil. Les montagnes, de forme semi-circulaire, se composent de plusieurs chaînes parallèles, et, partant de la presqu'île de Paria et de l'île de la

Trinité au Nord-Est, se continue par la chaîne côtière septentrionale de Vénézuëla, et, par le massif de Merida, dans la chaîne des Andes, qui affecte d'abord une direction méridionale pour courir ensuite au Sud-Est jusqu'au haut-plateau de Cochabamba et de Chuquisaca—l'extrémité méridionale de cet hémicycle. Cette chaîne se prolonge ensuite au Sud jusqu'au 60° lat. Sud, et se termine au Cap Hoorn.

Le milieu de ce grand hémicycle est occupé par le plateau volcanique de Quito, borné au Nord par les volcans de Pasto et d'Azufral et au Sud par l'Azuay; ce plateau, au point de vue géologique, forme le point culminant d'une chaîne dirigée du Nord au Sud et constituée par des masses éruptives plutoniques et volcaniques. Cette chaîne présente en outre les dépôts sédimentaires de l'écorce terrestre; tantôt ceux-ci ont été soulevés et pénétrés par ces masses éruptives, tantôt ils forment de chaque côté des chaînons indépendants, ou bien ils y sont directement appliqués ou superposés, ou enfin, comme dans le plateau volcanique de l'Ecuador, ils en sont par places plus ou moins enveloppés, recouverts, ou sont plus ou moins complètement enchevêtrés avec eux.

Pendant que les roches volcaniques sont l'apanage presque exclusif des hautes Cordillères centrales, qu'accompagnent le plus souvent des chaînes plus basses, et qui bornent le continent du côté du Pacifique, les massifs moins importants de cette région sont formés de roches plutoniques et volcaniques, et les immenses plaines n'offrent que les dépôts les plus supérieurs des dernières époques géologiques. Non pas que ces dépôts récents ne se trouvent que dans les plaines basses, ni que les terrains plus anciens apparaissent successivement à mesure qu'on s'élève, ce qui ferait admettre une extension et un exhaussement continuel et synchroniques de toute la contrée, une émigration successive du fond de l'Océan; bien plutôt, beaucoup des hauts massifs, même la chaîne volcanique la plus élevée, nous fournissent la preuve qu'une partie au moins ne fut mise à sec que dans une période géologique toute récente.

Les dépôts les plus anciens, les couches paléozoïques, paraissent n'affleurer que sur une petite étendue et seulement dans la moitié sud du continent, pour autant que notre connaissance il est vrai encore assez imparfaite et limitée à quelques points de cet immense territoire nous autorise à le dire; ces étages manquent donc aux régions dont nous nous occupons ici; de la série mésozoïque nous n'y constatons que les dépôts les plus supérieurs; le Crétacé seul y a quelque étendue. Peut-être les couches neptuniennes primaires, avec leurs restes organisés furent-elles métamorphosées de telle sorte, par la percée des masses éruptives, que nous les trouvons aujourd'hui, à l'état de roches métamorphiques, de schistes primitifs, dans le voisinage des masses plutoniques.

Mes prédécesseurs dans l'étude géognostique de la Colombie étaient: **Humboldt** (Voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent, fait de 1799 à 1804. Paris, 1816—1832); élève de Werner, mais attiré, avant tout, par les théories alors naissantes de Demarest et de Dolomieu sur le volcanisme, vers les grandioses phénomènes volcaniques de l'Amérique, il s'adonna particulièrement à leur étude. La base scientifique que Smith donna aux enseignements d'Agricola et de Werner sur l'âge relatif des dépôts neptuniens, Humboldt ne la connut qu'après son retour de l'Amérique; c'est pourquoi les contrées de Vénézuëla et de la Nouvelle Grenade, visitées par lui, composées principalement de dépôts neptuniens, ne l'engagèrent pas à en entreprendre une étude plus complète; cependant la science lui doit aussi la connaissance géologique d'une partie du Sud-Amérique, car il emporta en Europe une collection considérable de fossiles, provenant du terrain des sources de l'Amazone. Après Humboldt vint **Degenhard**, longtemps occupé dans la province d'Antioquia, vallée de Cauca, comme directeur de la mine de Marmato; il publia des communications très intéressantes sur la constitution géologique de ce territoire (voir „Karsten's Archiv der Mineralogie, XII, 1839“). Degenhard recueillit une grande quantité de fossiles, soit dans la vallée de Cauca soit sur le haut-plateau de Cundinamarca, qu'il avait également visité. Ces deux collections eurent le bonheur d'être étudiées par Léopold **de Buch**, paléontologiste consommé, qui (voir Buch: Pétrifications recueillies en Amérique par M. de Humboldt et par Ch. Degenhard, Berlin 1839) prouva que les contrées situées par 5° 30' lat. sud (Cajamarca) et 4—6° lat. nord (Antioquia), dans les Cordillères du Sud-Amérique, appartiennent au Crétacé et non au paléozoïque ancien, comme la présence de houille et de puissantes couches de grès rouge l'avaient fait supposer jusqu'alors. A la suite de cette publication **d'Orbigny** examina aussi les fossiles recueillis dans ces régions par Boussingault de 1821 à 1833 (Coquilles et Echinodermes fossiles de la Colombie recueillies par M. Boussingault, 1842) et confirma l'opinion avancée par de Buch. De la contrée de Bogota le Dr. **Gibbon** confia de plus à **Lea** à Philadelphie une série de fossiles, pour être déterminés. Lea en donna connaissance en 1841 (Notice of the Oolitic formation in America. „Transactions Americ. Phil. Soc. Vol. VII, 1841). Il est vrai que par erreur Lea tint ces fossiles crétacés pour des espèces jurassiques. Ensuite **Forbes** reçut de Hopkins, aussi de Bogota, des pétrifications qu'il décrivit (Quarterly Journal of the Geol. Soc. of London Vol. I pag. 174, 1845). De la Guyane les frères **Schomburgk** remportèrent, à la suite de leurs explorations de

plusieurs années dans ce pays (Richard Schomburgk, *Reise in British Guyana*, Leipzig 1847 et 48) la confirmation des idées de Humboldt, que la plus grande partie des massifs de la Guyane consistent en roches plutoniques.

Un envoi de documents et de fossiles que je fis à Léop. de **Buch** de Barbacoas de Trujillo, dans les montagnes de Merida, fit le sujet d'un mémoire de ce savant dans les „Schriften der Berliner Academie der Wissenschaften, 1849;“ il donna de même, dans la „Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft, Berlin, Bd. II., 1850.“ une figure de l'Ammonites Tucujensis *Buch*. La même année parut à Paris, en espagnol, un Résumé des études et des observations de Boussingault pendant son voyage en Colombie: „Viajes científicos en los Andes equatoriales ó coleccion de memorias, etc., traducidos par **J. Acosta** 1849,“ puis, en 1853 le mémoire de **Boussingault**: „Notes sur quelques coquilles fossiles recueillies par J. Acosta dans les montagnes de la Nouvelle Grenade“ (*Journal de Conchyliologie*, Paris 1853, Vol. IV.). **Acosta** publia en outre dans les Comptes-rendus des communications sur la disparition du volcan de boue situé sur Galera Zamba près Cartagena; un mémoire sur le même sujet parut dans „L'Institut 1849“ et „Leonhard Neue Jahrbücher für Mineralogie, 1851.“ — **Humboldt** enfin provoqua en 1853 une communication sur les Llanos de Caracas, dont il est question tout à l'heure.

Les observations que j'enregistrai pendant mes voyages en Colombie de 1844—47 et de 1848—56 furent publiées en partie dans la „Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft 1849 und 1850“, avec une carte géologique de Vénézuëla, et en partie dans „Karsten's Archiv für Mineralogie, 1851 et 1853.“ Ici vient s'ajouter aussi une description de la disparition du volcan de boue de Galera Zamba, faite d'après des observations particulières, et indépendante de celle d'Acosta. De retour de mon voyage (1856) je m'empressai de communiquer à la réunion des Naturalistes allemands, à Vienne, le résultat de mes études géognostiques dans la Nouvelle Grenade et l'Ecuador (Amtlicher Bericht der Naturforscher-Versammlung in Wien 1858). Peu de temps après je publiai „Die Vulkane der Anden. Ein Vortrag. Berlin 1856,“ plus tard „Das Gold Neu-Granada's“ und „Reisenotizen über die Provinz Cumana in Venezuela“, puis „Reisebilder in Columbien“ dans (Westermann's Monatshefte, 1858, 1859 et 1862), et „Ueber das geologische Alter der Cordilleren“ (*Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft*, Berlin 1861). En réponse à mes communications citées plus haut sur les Llanos de Caracas, datant de 1852, parut en 1853, dans la (*Zeitschrift der geol. Gesellschaft*) un article inspiré par Humboldt, accompagné d'un profil, et dans lequel celui-ci défendait son opinion sur la nature plutonique (autrefois nommée volcanique) des roches de cette région. Afin d'éclaircir ce différend je donnai en 1862 dans cette même publication deux profils dressés d'après mes observations, de la même contrée; je reproduirai conjointement ici ces trois coupes, outre les profils déjà publiés en 1856, ceci afin de faciliter à mes successeurs l'étude de cette question. De plus j'écrivis: „Erinnerung aus den Cordilleren, über Vulkane und Erdbeben“ avec théorie de ces phénomènes, dans „Die Natur, Halle 1877.“

Après ma publication „Ueber die geognostischen Verhältnisse Columbiens, Wien 1856“, parurent encore d'autres contributions, dignes de remarque, à la géologie de ce pays: **Villavicencio** „Geografia de la republica de Ecuador, New-York 1858“, contenant outre la partie géographique de nombreux renseignements géognostiques; **Wall** „Quarterly Journal of the geolog. Soc. XVI, 1860“, sur la Trinité et la côte voisine de Vénézuëla; **M. Wagner**, sur la géologie de l'Isthme de Panama, *Petermann's Geographische Mittheilungen* 1861, Ergänzungsheft V. — **L. K. Schmarda** „Reise um die Erde. Braunschweig 1861;“ donne dans le troisième volume quelques notes géognostiques sur la Colombie.

Quelques mots sur la géologie de cette contrée se trouvent aussi dans l'édition des travaux de **Codazzi** sur la Nouvelle Grenade, publiée par **Felipe Perez** sous le titre: „Jeografia física et politica de los Estados unidos de Columbia I. II, Bogota 1862, 1863“. L'auteur voue principalement son attention aux gîtes métallifères, surtout à celui de l'or, à la présence de la houille et du sel gemme.

Marcou (Explication de la carte géologique de la terre, 1875) donne à propos de la description du Sud-Amérique une analyse de mes observations sur la Colombie, auxquelles il ajoute celles de Wall sur la Trinité, de même que celles de **Maaek**, qui trouva la Cordillère de Baudo située à l'Ouest de l'Atrato constituée par des roches plutoniques cristallines. Marcou parle aussi d'un territoire silurien, situé au Nord-Ouest d'Antioquia, sans cependant donner les raisons qui parlent en faveur de cette opinion et qui pourraient prouver qu'on n'a pas considéré, dans ce cas-ci, la présence de houille et de grès rouge comme des indices du „terrain de transition“ comme on l'avait fait jusqu'alors en Colombie. De plus M. Marcou parle d'une soi-disante correction de mes données sur la côte de Puerto Cabello et La Guayra, où je trouvai des restes encore intacts de roches crétacées maintenant pour la plupart métamorphosées, et alors que j'observai en outre, le long de la côte, du Tertiaire ou peut-être même un dépôt plus récent, ainsi que je l'énonce dans les écrits mentionnés plus haut (comparez la carte que je publiai en 1850). Pour ce qui concerne ce dernier fait je ne pus pas,

il est vrai, l'indiquer d'une manière précise sur la carte à encore plus petite échelle dressée en 1856 et connue probablement de M. Marcou seul. Cette carte devait, dans sa petite échelle, de même que celle que je donne ici, n'offrir qu'une vue d'ensemble sur la répartition générale des différents terrains, pour obvier à l'ignorance presque totale où l'on était alors des conditions géognostiques de ce pays. Personne ne reprochera à M. Marcou de n'avoir pas reproduit mes données de 1850 d'une manière distincte dans sa nouvelle carte, car la petitesse de l'échelle ne le permettait pas; mais quand M. Marcou dit néanmoins dans son texte qu'il y a imprimé une correction de mes données, en ce sens qu'il n'indique aucun dépôt sédimentaire au pied nord des Cordillères de la côte, je suis alors convaincu que Monsieur mon très honoré collègue en aurait lui-même jugé autrement, si, au lieu de soutenir personnellement par ses efforts les nombreux et excellents géologues de l'Amérique du Nord, il s'était rendu dans l'Amérique du Sud, très inhospitalière, il est vrai, mais où presque tout reste encore à faire pour le géologue.*)

Sur la partie méridionale de l'Ecuador parurent de **Wolf** (Leonhard, Neues Jahrb. etc., 1874, 75, 78 et 80) différents articles que l'on trouve réunis et accompagnés de cartes géologiques dans ses „Viajes científicos por la Republica del Ecuador. Guayaquil 1879;“ et: „der Cotopaxi und seine Eruption 26. Juni 1877 (Verhandlungen des naturhistorischen Vereines für Rheinlande und Westfalen 1878). **Stübel** et **Reiss** explorèrent, de 1868 à 1874, la Nouvelle Grenade et l'Ecuador (voir Petermann's geographische Mittheilungen 1878); ayant dirigé leur attention spécialement sur les roches et phénomènes volcaniques, ils crurent avoir observé de nombreux courants de lave datant des temps historiques. Reiss rapporte que, à la distance de 8 milles du Sangay, à vol d'oiseau, à Macas, il avait vu surgir de ce volcan un courant de lave qui se déversait en cascades du cratère et que le même phénomène aurait duré pendant 8 années consécutives, sans aucune interruption; il dit aussi avoir visité, en 1868, le volcan de boue Zamba, et avoir consacré quelque temps à l'étude de ce volcan, tandis qu'il fut consumé par le feu et disparut sous la mer en 1848 (voir pag. 5). Cependant son compagnon Stübel ne donne aucune confirmation de ces allégations. Stübel agrandit le cercle de nos connaissances géologiques sur la Colombie, en rapportant de la Plata deux Ammonites, d'après lesquelles Steinmann (Leonhard's Neue Jahrbücher, 1882) reconnut la présence du terrain jurassique sur le Magdalena supérieur. — **De Loriol** décrit en 1876 (Mém. Soc. de Phys. et d'Hist. nat. Genève, Vol. XXIV) un Echinide (Enallaster) de ma collection, provenant de Barbacoas de Tucujó (Vénézuëla). — **L. Dressel** fit dans les „Stimmen von Maria Laach, Freiburg i. Br.“ des communications sur son voyage en Ecuador, dont je reproduis, du volume XIII, 1877, une partie de l'article: „Die Vulkane Ecuadors und der jüngste Ausbruch des Cotopaxi.“ — **Stelzner** (Leonhard, Neue Jahrb. etc. 1877) reconnut de quelques échantillons de roches d'Oruba et de Curaçao que le calcaire tertiaire qui y affleure passe successivement à un phosphate de chaux. — **Saenz** donna en 1878 une notice sur la contrée de Bogota: „Contribuciones al estudio jeognostico de una seccion de la Cordillera oriental. Bogota.“ (Paraît être une feuille d'un journal politique). — **Attwood**, en 1879 (Quarterly Journal of the geological Society of London), donne connaissance des roches qui affleurent vers le Sud-Ouest d'Angostura, dans le riche district aurifère de l'Upata. — **Whymper** (Alpine Journal Vol. X. London 1882) donne des rapports de ses ascensions et de ses mesurages des sommets de l'Ecuador en 1879 jusqu'à 1880. — **Steinmann** (Leonhard, Jahrb. etc. 1882) démontra la présence du Jurassique d'après deux

*) Du reste Mr. Marcou me distingue par l'honneur qu'il me fait d'exposer les événements de ma vie privée aux lecteurs de son ouvrage célèbre et vraiment scientifique, qui traite de la géologie de toute la terre. A mon grand regret cependant il fut ici encore induit en erreur par son correspondant. Si Mr. Marcou, après la déplorable guerre de 1871, avait pu se décider à demander des informations sincères à un collègue allemand, j'aurais pu alors, réjoui par sa sympathie, l'informer avec plaisir que, pour l'exécution de mon voyage, j'étais réduit uniquement à mes seuls moyens, soit matériels, soit scientifiques. N'ayant été engagé par aucune société, par aucun gouvernement, non plus par conséquent par celui de la Nouvelle Grenade, pour quelques études géologiques que ce fût, je ne reçus aucuns subsides d'une source quelconque de ce genre. Par conséquent, au commencement de mon voyage de 12 années en Colombie, je n'avais pris aucun engagement, mais après que j'eus terminé mes recherches, peu avant mon départ pour l'Europe, je fus chargé par le gouvernement de Bogota, c'est-à-dire par le Ministre Pastor Ospina, de la mission honorable de rédiger une description géognostique de la Nouvelle Grenade, sous la forme d'un Manuel de Géognosie. De Berlin j'envoyai ce travail à Londres, au chargé d'affaires Tomas Cipriano Mosquera, en 1861, au moment où ce dernier venait d'être élu président de la République et se disposait à retourner dans son pays; je le priai en outre de remettre ce travail à son gouvernement. Mais Mr. Mosquera ne m'offrit ni de rédiger mon manuscrit espagnol — qu'il considéra, il est vrai, comme ayant besoin d'être revu au point de vue de la langue — ni de traduire (selon Mr. Marcou) mon texte allemand, que j'avais envoyé auparavant (1858) à l'ambassadeur Juan de Francisco Martin à Paris; non seulement cela, mais il ne présenta pas cet ouvrage au Gouvernement de la Nouvelle Grenade, pour qui il était écrit, et comme cela aurait été son devoir, et ne le mit pas non plus à ma disposition. Je ne revis jamais ce manuscrit. Pour ces motifs mon travail ne fut pas publié, et je ne reçus jamais du Gouvernement l'honoraire de 1000 \$ qu'il m'avait proposé pour cela.

Ammonites que Stübel avait recueillies sur le Magdalena supérieur. — **W. Branco** publia en 1883 (*Palaeontologische Abhandlungen. Herausgegeben von Dames et Kayser, Bd. I, Berlin*) une étude sur les ossements de mammifères recueillis près de Punin, dans le voisinage de Riobamba. — **Siemiradzki** donne des renseignements pétrographiques sur des roches de l'Ecuador (*Neues Jahrbuch für Mineralogie etc., 1885*) avec une carte géologique des Cordillères au Sud du Chimborazo jusqu'au Rio Leon, plus quelques compléments aux données de Wolf sur cette contrée.

Maintenant je vais présenter aux amis de la géologie les matériaux contenus dans la littérature ci-dessus indiquée, réunis à ceux encore inédits de mes notes de voyage, avec le désir que ce commencement d'une étude géognostique de la partie de la Colombie que j'ai visitée puisse bientôt profiter à un explorateur plus favorisé et mieux équipé, et contribue à l'étude exacte et approfondie de toutes les particularités de ce pays aussi beau et aussi inépuisable au point de vue scientifique que, pour le voyageur européen, abondant en privations et en peines de toute espèce.

Pour rendre plus facile l'exposé général des faits je décrirai tout le territoire fragment par fragment de l'Est à l'Ouest et au Sud, et essaierai de représenter le résumé de toutes mes observations dans la carte jointe à ce mémoire, dont j'empruntai la partie hydrographique aux cartes les plus récentes de Codazzi*) et de Petermann.

La moitié orientale de la Colombie, **Vénézuëla**, est constituée en majorité par de vastes plaines sillonnées par l'Orénoque et par ses affluents principaux et qui sont parcourues ou limitées, au Nord par un massif de montagnes qui borde la mer en partie, au Sud par les chaînes de la Guyane et du Brésil. Le noyau de chacun de ces massifs, qui en forme en même temps les points culminants, est de nature plutonique. La Cordillère septentrionale se divise en plusieurs chaînes qui traversent le pays de 62° à 69° longit. occid. de l'Est à l'Ouest et de 69° à 72° du Nord-Est au Sud-Ouest. La syénite passant au granite ou au gneiss, des schistes amphiboliques, micacés ou chloritiques, ces derniers fréquemment de structure ondulée, avec des lits de schistes argileux, de quartzites ou de calcaires, tout cela forme les parties principales de ces chaînes plutoniques; plus rares sont les calschistes cristallins et le marbre; et, tout-à-fait en sous ordre, dans les couches supérieures de la périphérie, on trouve des calcaires caverneux qui rappellent ceux du Crétacé supérieur, par exemple à Valencia et Puerto Cabello (S. Esteban). Les chaînes plutoniques sont accompagnées de collines secondaires formées la plupart de dépôts neptuniens et qui, dans la partie orientale, les flanquent du côté du Sud, dans la partie occidentale du côté du Nord.

La syénite et les roches analogues de ces massifs peuvent ne devoir leur origine qu'au métamorphisme de couches neptuniennes, ainsi que semble le démontrer un gisement dans la chaîne occidentale, là où celle-ci ferme la vallée du Rio de las aguas calientes, entre Puerto Cabello et Valencia. Ici un granit syénitique pénètre une couche de schiste argileux compacte et grenu, puissant de 1 à 3 mètres, et a encaissé des fragments de de cette roche, lesquels sont métamorphosés en amphibole. Le granit lui-même s'enrichit d'amphibole dans le voisinage de ces fragments.

Du 62e degré au 68e, à l'Ouest, le pied de ces massifs plutoniques est partout baigné par la mer. De 60° 30' à 66° 10', c'est-à-dire de Punta Araya à Cabo Codera la Cordillère est interrompue par un golfe qui s'avance profondément dans les terres.

Du côté de l'Ouest cette Cordillère côtière plutonique de Vénézuëla qui court Est-Ouest, quitte la côte et prend la direction Sud-Ouest, comme je l'ai dit. En même temps la hauteur générale diminue, et les roches granitiques, cristallines massives disparaissent dans l'arrière-plan, c'est-à-dire que les montagnes de Montalban, Altar, Sanare, St. Rosa, Trujillo etc., sont formées principalement de schistes métamorphiques. Ensuite réapparaissent granite et syénite en plus grandes masses, dans les montagnes plus occidentales (70° 30' — 71° 30') de Niquitao, St. Domingo, Mucuchies, et de la Sierra Nevada de Merida. Elles sont de nouveau débordées par les schistes à l'extrémité occidentale de cette chaîne jusqu'à sa jonction avec les monts de la Nouvelle Grenade, qui courent Nord-Sud, entre les fleuves du Magdalena et du Zulia.

Remarquons dès l'abord ici que la plus forte inclinaison des hauteurs de ces chaînes de Merida est constamment tournée au Midi; pendant que, dans la chaîne côtière de Caracas, cette plus grande pente se trouve plutôt sur le versant Nord; de plus les roches granitiques, massives bien que divisées en plaques, affleurent de préférence dans les régions inférieures des abrupts. Dans les montagnes de Caracas les roches amphiboliques me parurent plus fréquentes, dans celles de Mérida les roches micacées semblaient avoir la prépondérance. Ces deux parties de la chaîne plutonique de Vénézuëla, qui pour l'ordinaire court dans la

*) Celle de la Nouvelle Grenade fut publiée, en 1864, par le gouvernement de Bogota (Tomas C. Mosquera) sous le nom de Ponce de Leon.

direction Est-Ouest, c'est-à-dire le tronçon oriental et le tronçon occidental, se distinguent entre eux, outre par leurs caractères orographiques, par le fait suivant qui peut-être en est un corollaire, que le premier est flanqué sur son côté Sud, le second sur son côté Nord, de roches neptuniennes qui s'étalent ensuite en plaines plus ou moins étendues.

Considérons premièrement le tronçon oriental de la partie Est de Vénézuëla, du 62° au 69° degré de long. occid. Le versant septentrional de la Cordillère côtière extérieure plutonique plonge presque partout directement dans la mer. Seulement par places se trouve une zone-bordure de couches plus récentes, de très petite étendue, par exemple le Cabo blanco près La Guayra, formé de dépôts tertiaires de marnes à coquilles (*Pecten gigas*), de sables, de graviers et de brèches coquillières, qui tous ensemble plongent 45° Sud; de même la baie de Puerto Cabello remplie de coraux d'espèces actuelles. En outre un dépôt marin très récent couvre çà et là les schistes cristallins métamorphiques jusqu'à une hauteur de 20 mètres, par exemple à Punta Araya et à La Guayra, comme preuve d'un léger soulèvement de cette côte, qui aurait eu lieu à une époque toute récente.

Du côté de l'Ouest ces massifs cristallins s'étendent jusqu'au 69° degré, vers l'Aroa, où ils renferment des filons de cuivre sulfuré et de galène argentifères et où commencent les vastes territoires fossilifères, surtout les districts tertiaires.

Au midi cette chaîne plutonique est accompagnée de plusieurs rangées de collines dont la hauteur et la continuité diminuent vers le Sud, et qui sont composées principalement de couches sédimentaires.

Plus ces hauteurs s'éloignent vers le midi de la Cordillère côtière extérieure et du degré de longitude de Valencia vers l'Est, plus les traces d'un métamorphisme quelconque diminuent.

La plus haute de ces chaînes, la plus rapprochée de la Cordillère cristalline de la côte, la „Cordillère côtière intérieure,“ est formée en partie par des „Grünstein“ et autres roches métamorphosées; la masse plutonique qui fut la cause du soulèvement, n'affleure pour autant que je connais la chaîne, que sur quelques points de l'Ouest. Le métamorphisme des couches neptuniennes est moins complet que dans la Cordillère côtière extérieure; le schiste argileux micacé ne montre pas non plus ces ondulations fréquentes dans les schistes micacés et chloriteux de Caracas. Cette chaîne se prolonge d'un degré à l'Est au delà du Cap Codera, où elle est constituée, dans le Morro Unare, au bord de la mer, par un calcaire riche en *Hippurites* et autres fossiles crétacés. Ce terrain affleure de nouveau plus à l'Est à Piritu et dans les monts Paraulata, puis se continue dans les montagnes de Cumana, où il atteint un développement considérable.

Cette partie la plus orientale des montagnes côtières intérieures de Vénézuëla, le massif de Cumana, situé au Sud de la basse chaîne plutonique de Paria, s'élargit en un groupe de sommités sillonnées soit par de hautes vallées en terrasses, soit par d'étroites gorges à parois verticales. Le centre de cette région montagneuse de Cumana est formé par la Mesa del Guardian St. Agustin, 3730 m. d'altitude, d'où rayonnent les vallées de Caripe, St. Maria, Periquito, Cocollar et Cumanacoa; à celle-ci s'appuie le plateau de Bergantin. La direction de plus grand soulèvement est W.S.W.—E.N.E. Les plus hautes sommités sont le Pionia (2048 m.), Turumiquire (2040 m.), Cuchivano (1560 m.), Guacas (1505 m.), Guacharo (1454 m.) etc.; les versants de leurs vallées sont pour la plupart déchirés par des gorges étroites. Ces hauteurs sont en même temps les points les plus élevés de tout le massif côtier inférieur, tandis que dans les chaînes riveraines septentrionales les plus grandes hauteurs se trouvent dans la partie occidentale (Naiguata 2800 m., Silla 2630 m.).

L'extension des éléments divers qui composent ce territoire est aussi variée dans ses proportions que la contrée ne l'est dans son aspect extérieur. En général vers l'Est prédominent les calcaires et les grès, vers l'Ouest au contraire les schistes argileux ont la prépondérance. Ceci est encore plus saillant si l'on y joint la Cordillère de Trujillo et de Merida, dans l'Ouest-Vénézuëla, où grès et calcaires sont tout aussi subordonnés que les schistes argileux dans le pays de Cumana.

L'assise la plus inférieure du calcaire qui affleure ici dans l'Est sur une grande puissance est une roche divisée en lits minces, de couleur bleu-foncé et à cassure schisteuse; elle contient des géodes de pyrites en grande quantité et enchâsse régulièrement, surtout vers le haut, des rognons ellipsoïdes du même calcaire. A Cumanacoa et à St. Maria je trouvai dans cette roche des traces d'*Ammonites*, et dans le Cerro de los pilones près de Cumanacoa des restes de *Bélemnites*.

Ce calcaire bleu-foncé à *Ammonites* est accompagné d'un schiste siliceux noir, en couches minces, qui affleure très souvent dans les vallées latérales et dans les gorges de la vallée de Cumanacoa à S. Antonio et S. Francisco, et, dans le torrent d'Ipure près S. Antonio, renferme des rognons calcaires dans l'un desquels je trouvai une *Belemnite*. Sur le même torrent s'élève une paroi de rocher d'environ 100 m. de hauteur, formée par des couches de calcaire gris renfermant ici des fragments du schiste calcaire bleu-foncé que nous avons vu plus haut; il est donc plus jeune que ce dernier. Dans une autre gorge de la même contrée ce

calcaire foncé est surmonté d'un calcaire bleuâtre, contenant l'*Inoceramus plicatus* d'Orb., fossile que l'on recueille aussi près de Barbacoas (Prov. Trujillo) dans des circonstances de gisement semblables et accompagné de diverses espèces d'*Ammonites* des étages inférieurs du Crétacé.

Les assises les plus anciennes de ce calcaire alternent avec un schiste argileux foncé qui renferme lui aussi de nombreux rognons calcaires ellipsoïdes; d'autres fois, mais plus rarement, elles alternent avec des grès rouges, par exemple à l'Est de Cumanacoa dans le Cerro de los pilones.

Dans le Morro Unare, le Morro de Barcelona et dans les collines de Catuaro, sur le golfe de Cariaco qui sont en général constitués par des schistes calcaires jaunâtres et des schistes siliceux (ces derniers étant aussi, dans les couches inférieures, de couleur brune ou noire) l'assise la plus inférieure est un calcaire gris à cassure schistoïde, semblable à celui du ruisseau d'Ipure, cependant régulièrement traversé de veines blanches de calcite. Toutes ces couches sont, à ce qu'il paraît, absolument sans fossiles; seulement dans cette dernière, se trouve çà et là, dans le Morro Unare, le même *Inoceramus plicatus* que j'observai à St. Antonio de Cumanacoa et que je trouvai aussi souvent (à Periquito, Cocollar, Guacharo, S. Agustin, montaña de S. Maria) dans un schiste siliceux gris ou foncé, surmonté de schistes marneux, argileux et calcaires. Dans la partie moyenne du massif de Cumana affleure dans les localités ci-dessus, de même qu'à Caripe, Cuchilla de Guanaguana, Bergantin, un calschiste jaunâtre à cassure unie, conchoïdale, très puissant, que l'on retrouve sur la côte dans les collines isolées d'Unare, Morro di Barcelona et à Cumana, et qui, à ce qu'il me parut, forme aussi, près du rivage, les îles isolées de Chimanas et las Caracas; il alterne avec des schistes marneux, argileux et siliceux, quelquefois il en est recouvert et est lui-même plus ou moins siliceux ou argileux, selon la nature de la roche voisine.

Sur ce calschiste jaune repose, dans les monts de Cumana, où il forme les plateaux en terrasses, un calcaire compacte, bleu-grisâtre, en bancs ou couches puissantes souvent traversé de nombreuses crevasses irrégulières (parmi lesquelles la célèbre grotte de Guacharo) et formant souvent des tertres isolés; çà et là le mode d'origine de ce calcaire, formé par d'innombrables coquilles (*Hippurites*) se reconnaît facilement, ainsi à Cumanacoa, Bergantin etc. Je trouvai aussi ce calcaire à *Hippurites* sur la presqu'île d'Araya, où il repose sur des schistes micacés. Ces assises du Crétacé supérieur, qui à Turumiquire contient des *Foraminifères* alternent régulièrement avec un grès sans fossiles, toujours coloré en rouge à la surface; dans ses couches les plus anciennes, mais seulement à Cumanacoa, il alterne avec les calcaires à *Bélemnites*; vers la partie supérieure de ce groupe le grès augmente d'épaisseur. Avec les couches les plus récentes alterne aussi parfois (Cumanacoa, S. Maria, Caripe, Bergantin, etc.) un schiste argileux ou marneux à cassure conchoïdale, souvent clivant en fragments parallélipédiques; dans son voisinage le calcaire, probablement plus riche en argile, se délite plus facilement et abandonne alors les coquilles qu'il renferme, à l'état de moules internes bien conservés.

Sur le calcaire caverneux à *Hippurites*, compacte et uniformément gris-bleu des monts de Cumana — dont les assises les plus récentes, apparemment sans fossiles, sont, au Golfe de Cariaco, à Bordonos (Cumana), au Toco (Barcelona), au lac Unare, etc., sont bigarrées par des inclusions de rognons argileux de diverses couleurs, et alterne avec des grès également bigarrés —, sur ce système, dis-je, se trouve à Araya, lité avec des graviers, des sables ou des marnes un calcaire poreux ou plus rarement compacte, tacheté de rouge, qui enferme des coquilles marines d'espèces encore vivantes et offre tous les passages à une brèche coquillière blanche.

Ce calcaire tertiaire, qui renferme le *Pecten gigas* du Cabo blanco près La Guayra, ou peut-être quaternaire, au moins en partie, affleure dans les collines de S. Antonio près Cumana dans les mêmes circonstances de gisement, mais ici on ne peut pas observer la roche sous-jacente. Dans la brèche coquillière blanche et la marne jaune ou bigarrée quelquefois gypsifère, qui à elles deux en forment les couches supérieures se trouvent exclusivement des animaux d'espèces marines actuelles, p. ex. *Cerithium atratum* Brug., *Cer. litteratum* Brug., *Cer. ferrugineum* Say, *Cer. zonale* Brug., *Turbinella nassa* Lamk., *Monodonta modulus* Lamk., *Trochus pica* L. spec., *Strombus gallus* L., *Conus mas* Hovass, *Pyrula melongena* Lamk., *Pyrula galea* Chemnitz spec., *Pisania Coromandeliana* Lamk. spec., *Phasianella bicarinata* Dunker, *Buccinum nucleus* L., *Bulla media* Philippi, *Turritella variegata* L. sp., *Nerita tessellata* Gml., *Lucina squamosa* Lamk., *Luc. chrysostoma* Philippi, *Venus cancellata* L., *V. Paphia* L., *V. flexuosa* Lamk., *Plicatula ramosa* Lamk., *Ostrea parasitica* Gml., *Cytherea convexa* Say, *Cyth. albina* Lamk., *Cardium medium* L., *Arca lactea* L., *Fissurella Listeri* Gray, *Fiss. nodosa* Lamk., *Tellina solidula* Solander, *Tel. remies* L., etc. Un calcaire de couleur semblable, rouge moucheté, mais compacte, et contenant des *Pecten*, *Ostrea*, *Echinus*, etc., se trouve aussi à l'Ouest de ces points, dans les districts côtiers avoisinants de Clarines, Morro Unare, Piritu, etc., ce calcaire paraît aussi être contemporain de celui d'Araya.

Au bord méridional du massif de Cumana, sur l'Amana et le Querecual, affleure un calcaire gris,

sableux et argileux, avec des pétrifications (*Donax*, *Cerithium*, *Cardium*, etc.) qui le parallélisent avec celui de S. Antonio près Cumana; il alterne avec un grès gris à empreintes de feuilles et débris de coquilles, et des argiles mouchetées qui à d'autres [en droits] des Llanos (St. Felix, Urica, Pao) renferment du gypse; il affleure en outre à Mucujucual, alternant avec un conglomérat coquillier. Le grès gris forme ici aussi des bancs assez puissants et offre quelques alternances de graviers et de bancs de cailloux; d'autrefois il passe au conglomérat proprement dit.

Des brèches coquillières et autres conglomérats de même nature que ceux de Cumana (St. Antonio), tertiaires et quaternaires, forment des couches parfaitement horizontales sur la presqu'île peu éloignée d'Araya (de même qu'à Pt. Cabello et dans les îles environnantes de Guayguasa et d'Alcatraz; elles couvrent aussi la plus grande partie de la presqu'île de Paraguana).

Après le calcaire, le grès est la roche la plus répandue du massif de Cumana; il paraît en outre, sauf quelques-unes des couches supérieures, être toujours privé de fossiles. Dans l'étage inférieur du Crétacé le grès proprement dit est rare, il est alors remplacé par des schistes siliceux foncés, à *Inocerames*. Le grès qui affleure ici est blanc et contient des paillettes de mica, par exemple à Cumanacoa, sur le Purgatorio (près St. Agustin) et à Bergantin. Dans cette dernière localité il devient rougeâtre à l'air, et se trouve à la limite du Crétacé supérieur. A un seul endroit, dans le Cerro de los pilones près Cumanacoa j'ai observé dans cette division, alternant avec le calcaire à *Belemnites*, un grès d'un brun-rougeâtre, qui, très puissant dans le Crétacé supérieur, en devient un membre caractéristique. Comme je l'ai déjà dit, ce grès rouge particulièrement puissant dans les bords Sud et Ouest du massif de Cumana, y représente l'assise la plus récente du Crétacé supérieur. Dans le Baranquin près Cumana et dans le Rotundo sur le golfe de S. Fé les couches supérieures de ce grès alternent avec de minces lits d'un schiste argileux rouge ou moucheté de jaune, contenant des coquilles et des empreintes de plantes. Dans le Bergantin se trouve aussi, intercalé dans le grès rouge, un complexe de marnes et d'argiles durcies, et de quartzites, qui, du côté d'Ouest, réapparaît pour la première fois à Uchire, sur la rive Sud du lac d'Unare. Au pied Nord du Bergantin, dans le voisinage d'Araguita sur le Nariqua un groupe d'autres couches semblables de quartzites, assez puissantes, et de schistes argileux micacés foncés enferment des bancs de houille qui atteignent environ 1 mètre de puissance. Dans les collines de St. Antonio (Cumana) et dans des couches analogues sur la presqu'île d'Araya, mais plus puissant encore au bord Sud du massif de Cumana, on trouve, accompagnant le calcaire que nous avons rapporté tout à l'heure au tertiaire, un grès fin, gris, argileux, renfermant quelquefois (à Oregano sur l'Amana) des grains verts et des débris de coquilles, ou aussi des empreintes de plantes; à Mucujucual (et aussi à Capaya, Prov. de Caracas) un grès semblable, mais plus calcaire, renferme de belles coquilles de mollusques marins actuels. Les couches inférieures de ce grès alternent souvent avec des lits de graviers et de cailloux provenant de roches du Crétacé inférieur, et l'on observe en général toutes les transitions à des conglomérats ou à des poudingues (Puddingstones), qui sont formés alors de cailloux de la grosseur du poing du schiste jaunâtre siliceux et calcaire, du quartzite, du calcaire rouge bigarré, plus rarement du calcaire bleu-foncé et du calcaire gris veiné de calcite. Je trouvai également dans ces poudingues, près de Mucujucual et de Clarines des coquilles de mollusques marins actuels. Le ciment de ces deux sortes de conglomérats se compose d'une masse fondamentale grise, quartzreuse, qui en se délitant prend parfois une teinte rougeâtre. Un autre conglomérat, formé des mêmes éléments de schistes siliceux ou calcaires, et qui paraît occuper la partie supérieure, recouvrant la plupart du temps une marne jaune tachetée de rouge et souvent gypsifère, souvent aussi recouvert par elle, a un ciment rouge quartzeux.

Les roches argileuses sont, dans le massif de Cumana, subordonnées aux calcaires et aux roches quartzreuses. Elles gisent tantôt en alternance avec les calcaires et les schistes siliceux du Crétacé inférieur, et sont représentées alors par des roches dures, foncées, finement schisteuses, tantôt par contre, à l'état de couches friables, jaunâtres, entre les calcaires, à la limite des Crétacés inférieur et supérieur. Un schiste argileux bleuâtre, se délitant en rognons à cassure conchoïdale, se trouve à la partie supérieure des grès de Loma de la Virgen; il alterne aussi avec les schistes calcaires bleus foncés du Crétacé inférieur du Bergantin sur le torrent du Mondongo. Ce schiste devient plus important et en même temps plus puissant dans les montagnes d'Uchire et de Cupira, à l'Ouest d'Unare. Là il alterne avec des quartzites souvent redressés verticalement et qui ici, sur le fleuve du Panapo, forment des parois perpendiculaires, dans les contreforts voisins de la mer. J'ai parlé de l'argile schisteuse à paillettes de mica et empreintes de feuilles de S. Maria, S. Fe etc., à propos des couches de grès qui l'accompagnent.

Dans les collines de St. Antonio (Cumana), comme aussi dans les formations équivalentes de la presqu'île d'Araya, près Maniquarez, située vis-à-vis du côté du Nord, les calcaires coquilliers tertiaires et les grès et conglomérats alternent avec une argile jaune ou rouge-brun qui renferme des cristaux de gypse souvent

d'une abondance extraordinaire, du sel gemme en proportions variables, ordinairement aussi des débris de coquilles. Sur Araya cette argile fut autrefois exploitée à cause du sel; le minéral, extrait du sol par les eaux de pluie, se déposait, à la saison sèche, par l'évaporation de l'eau qui s'amassait en petits lacs entre les collines formées par cette argile. Sur la côte on exploite encore maintenant une argile semblable, comme par exemple à Hatillo sur la rive gauche de l'Unare, tandis que maintenant le sel est extrait à Araya ainsi que des lacs Piritu et Unare par évaporation de l'eau de mer; on le tire de la même manière de quelques petits étangs et canaux situés à l'Ouest de ces lacs, ainsi que sur les îles Roques.

A Cumana cette argile jaune rougeâtre contient çà et là des quantités assez considérables de mercure métallique, de même que dans d'autres localités de la côte jusqu'à Panama; l'on a aussi observé cela quelquefois dans l'intérieur du pays. Je vis, dans les cours d'eau qui, au-dessus de Bogota, se sont creusé leurs lits dans une marne analogue, du mercure métallique que les habitants récoltent quelquefois en petites quantités. Sur le versant du Turumiquire je trouvai, dans une marne sableuse, des parties du squelette d'un gigantesque mammifère (*Megatherium*?). Humboldt recueillit près de Cumanacoa des ossements d'éléphant.

La partie médiane de la moitié orientale du Venezuela septentrional forme la province de Barcelona. Comme la chaîne côtière, extérieure, plutonique, est interrompue totalement de Punta Araya jusqu'au cap Codera, c'est-à-dire de $64^{\circ} 33'$ à 66° de longitude occidentale, la chaîne côtière intérieure, à l'occident du massif de Cumana, soit de la rivière de l'Aragua jusqu'au Rio et Morro Unare, cette chaîne, dis-je, n'est constituée que par une série d'élévations peu considérables et discontinues, formant les montagnes surbaissées du Paraulata. Dans cette région des roches sédimentaires je n'observai point le Crétacé ancien, mais vis çà et là des couches qui pourraient appartenir aux étages les plus récents de ce terrain. Je vis, au nord du morro Piritu un calcaire bleu-grisâtre caverneux appartenant à la formation crétacée supérieure, semblable à celle de Puerto Cabello (S. Esteban). Des calcaires bleus et mouchetés de rouge, tertiaires peut-être, et des grès fins, argileux, tachetés de jaune ou de rouge, quelquefois aussi gris, telles sont les roches que l'on trouve ici sur la côte septentrionale, redressés tantôt au Sud tantôt au Nord et recouvertes en discordance par de puissantes assises horizontales de graviers que je suppose quaternaires, de grès gris et d'un schiste calcaire blanc, à cassure terreuse, sans fossiles, alternant avec les grès, et particulier à cette région. Près de la ville de Piritu affleure un calcaire tertiaire blanc riche en *Echinides*. A Clarines sur l'Unare, de même que nous l'avons vu pour l'Araya et pour toute la côte de cette partie, apparaissent des argiles salines ou gypsifères à coquilles marines actuelles et qui furent par ci par là exploitées pour en tirer le sel gemme. Ici cette argile repose sur un conglomérat contenant des huîtres et autres fossiles marins.

Le versant sud de ce chapelet de collines s'étale jusque dans les vastes plaines, les „Llanos“, qui atteignent presque l'Orénoque. Leurs eaux ne coulent cependant pas au Sud ou à l'Est vers l'Orénoque, mais se dirigent au Nord vers la mer des Antilles, en se déversant dans l'Unare qui arrive à la mer au pied du Morro Unare. Les ondulations, nommées „mesas“, „llano alto“, du Tucupano et du Guanipa, qui dans leurs parties les plus élevées atteignent environ 250 m., forment vers le Sud la limite du bassin de l'Orénoque, de même que des hauts-plateaux analogues, qui s'adosent au massif de Cumana: la mesa de Urica et celle de Sala bornent à l'Est les Llanos de Barcelona. A l'Ouest la ligne de partage des eaux de l'Orénoque et de celles de l'Unare est dessinée par des élévations sans importance. Tout ce territoire des Llanos de Barcelona et de Cumana se compose de couches de marnes de sable, de gravier et de conglomérat; il est raviné par des cours d'eau profondément encaissés, aux parois verticales, nommés „barranco“, qui le divisent en „mesas“. Presque toujours j'observai une couche de grès ou de conglomérat d'un mètre de puissance, ou ses produits de décomposition, recouvrant la surface des mesas; dans la règle cette couche repose sur une marne bigarrée, sableuse. Ce conglomérat, composé de cailloux de calcaire, de silice et de grès reliés par un ciment quartzeux, empêche que les mesas ne soient trop érodées et détruites par les pluies des tropiques. L'érosion se produit sur les bords des mesas, après que les conglomérats et les grès se sont peu à peu décomposés et délités. Les ravins s'élargissent ainsi progressivement, sous l'action des hautes eaux qui en minent les flancs marneux et escarpés et en provoquent l'éboulement. Après la saison des pluies, les cours d'eau se resserrent dans un lit étroit, et se réduisent enfin à quelques flaques ou se dessèchent complètement. Il se passe ici, d'une manière ralentie, le même phénomène qu'on observe sur une petite échelle à Carora (Prov. de Coro) depuis 1830. Ici la surface de la plaine était autrefois couverte d'une luxuriante végétation; les troupeaux de chèvres en usèrent, semble-t-il, avec trop peu de ménagements; de telle sorte que cette couche superficielle ne put plus résister à l'écoulement des eaux après les inondations annuelles, mais, fut sillonnée de nombreux systèmes de ruisseaux et de petits affluents rayonnant des parties les plus dures, riches en fer et en quartz. Ces cours d'eau ont maintenant creusé la plaine jusqu'à une profondeur considérable; chaque année, au temps des

grandes pluies et des inondations, leurs flancs abrupts, et même la surface marneuse de la plaine, sont peu à peu enlevés, et plusieurs milliers de mètres cubes de terre compacte sont emmenés au Tucujó et à la mer des Antilles.

La division la plus occidentale, la troisième, de la moitié orientale de cette chaîne côtière intérieure commence à la côte gauche de l'emboucheure de l'Unare. Cette élévation atteint bientôt, au Morro Unare, une hauteur moyenne de 1000 m., et de 1500 m. dans le Palomita et l'Alta gracia (66° 20'); elle s'étend à l'Ouest jusqu'au Cupe près Tinaquillo (68° 25'), où elle se raccorde à l'extrémité nord-est de la chaîne de Merida. Le versant nord et l'extrémité occidentale de cette chaîne intérieure se composent, comme je l'ai indiqué plus haut, de roches métamorphiques, plus à l'Ouest de roches granitiques; le versant sud et l'extrémité orientale de couches sédimentaires crétacées.

Entre les deux chaînes côtières je n'observai nulle part de roches crétacées non métamorphisées, mais j'en vis sur le côté nord de la chaîne intérieure, qui vers l'Est, dépasse la chaîne extérieure (65° 30'—66°). Ici l'on observe sous le calcaire caverneux bleu-clair du Crétacé supérieur, alternant avec des grès argileux gris, et renfermant, sur le fleuve Chupaquire, des lits de houille, on y trouve, dis-je, les calcaires en bancs minces bleu-foncé, et à Ammonites, du Crétacé inférieur. Sur le revers sud affleurent des schistes jaunâtres, siliceux, calcaires et marneux du Crétacé supérieur, se défilant facilement en fragments parallélipédiques et qui se décomposent difficilement.

Entre ces deux chaînes on peut suivre le Tertiaire et le Quaternaire, en venant de l'Est, dans le val de Tuy jusque dans le voisinage d'Araguita, au Sud-Ouest de Caucagua. A Curiepe, au Sud du Cabo Codera, qui se compose de roches métamorphiques plongées de 75° au Nord-Ouest (micaschistes et schistes amphiboliques), on trouve, s'appuyant sur ces couches, d'autres assises d'un pied d'épaisseur formées par des coquilles encore bien conservées de Tellines, Lucines, Cardium, Bulimes, Venus, etc.; ce système est recouvert par des bancs d'un à deux m. de puissance d'une argile jaune traversée à plusieurs reprises par un réseau de plaquettes de gypse ou de calcaire, ou y intercalées. A Capaya des calcaires gris sableux alternent avec des grès, des argiles et des marnes, qui toutes renferment des quantités souvent considérables des coquilles observées à Cumana et énumérées à la page 9. Sur le Merecure, entre Capaya et Caucagua, un schiste argileux bleu, intercalé entre des grès gris et conglomérats contient de nombreux Cérithes. Un calcaire à Scalaria affleure sur la Quebrada de Siquire, où apparaissent également les couches à coquilles de Curiepe. A la Hacienda de Siquire, non loin d'Araguita on observe un calcaire dur, cristallin, à nombreux restes fossilifères, disposé en couches de puissance considérable, et alternant avec des argiles sableuses et bien litées, ou calcifères et traversées de nombreuses veines calcaires blanches; il alterne aussi avec des grès en partie fins et de couleur grise, en partie rougeâtres, argileux et passant à des conglomérats quartzeux. On constate du charbon sur les sources du Siquire. A Sta. Lucia ce grès argileux renferme souvent du gypse en quantité assez considérable. A l'Ouest de Sta. Lucia, sur le Guayre, de Sta. Teresa à Cua, les collines sont formées d'argile rouge empâtant des fragments de quartz blanc qui rappellent ceux de La Guayra; ce système recouvre les roches effritées des deux chaînes côtières qui, plus à l'Ouest, affleurent toujours plus fréquemment.

Ces jeunes sédiments, pour autant que je l'observai, ne recouvrent pas le pied nord de la chaîne côtière intérieure, mais plutôt le pied sud de la chaîne septentrionale; des couches analogues, comme je l'ai dit à page 8, ont été constatées sur le pied nord de cette dernière chaîne jusqu'à environ 20 m. d'altitude; ces faits démontrent qu'un dernier et faible soulèvement de cette région a affecté la chaîne extérieure plus que l'intérieure.

Le pied sud de cette partie de la chaîne intérieure, à partir du 66° 40' à l'Ouest, ne passe pas immédiatement aux plaines de l'Orenoque, aux Llanos, mais se nivelle successivement au moyen de plusieurs chaînes parallèles qui deviennent toujours plus basses vers le Sud et dont la plus méridionale, la plus basse aussi, est nommée Galera. Tout ce pays, jusqu'aux Llanos, est constitué par les différentes assises, pour la plupart fortement redressées, du Crétacé; le Crétacé supérieur y est fort bien représenté; sous ses calcaires et ses marnes, pour la plupart de faible épaisseur, affleurent ici et là les calcaires bleu-foncés à Ammonites du Crétacé inférieur. Ça et là dans la région occidentale percent quelques roches plutoniques sous les couches crétacées.

Au Sud du lac de Valencia, à Villa de Cura, on observe le passage des roches métamorphiques du massif côtier intérieur à celles du Crétacé supérieur. Sur les Diabases serpentiniiformes, sur les schistes ardoisiers à mica et chlorite, sur les calcaires et quartzites sans fossiles viennent ici des schistes argileux, calcaires, gréseux ou marneux, qui contiennent en partie les fossiles constatés sur l'Unare et dans le pays de

Cumana. Les schistes argileux et marneux qui prédominent ici deviennent vers le Sud toujours plus quartzifères et plus sableux, et dans le bas chaînon de „Galera“, le plus méridional, dirigé de l'Est à l'Ouest et bornant la plaine de Calabozo, ces roches sont presque entièrement remplacées par des quartzites. Dans le milieu de ce territoire, c'est dans les morros de S. Juan et de S. Sebastian, dirigés W.S.W.-E.N.E. que le calcaire affleure avec la plus grande puissance. Il consiste en partie en lits puissants d'une roche compacte, gris-bleu clair, le plus souvent pauvre en fossiles et contenant çà et là de grandes cavités; elle alterne à la partie supérieure avec d'autres couches formées presque entièrement de coquilles d'Ostréacées, d'Hippurites, de Turritelles, de Polythalamies, etc., de même qu'avec des schistes marneux et argileux et avec des bancs de conglomérats. Sur le col situé entre les deux morros les plus élevés, et qui se compose de schistes marneux jaune décomposé, je fis une abondante récolte de ces fossiles. Quant à la valeur de l'angle de plongement du calcaire des morros, qui court en moyenne SE-NW, je ne pus de longtemps la déterminer définitivement, car la roche est traversée de faux joints, comme l'est aussi souvent dans cette région le schiste argileux du Crétacé supérieur, jaune, quartzeux et se délitant en fragments prismatiques obliques. Sur ce col cependant j'observai ces calcaires alternant avec les schistes argileux et leur trouvai un angle de redressement de 75°—80°, de même que pour les calcaires foncés à ammonites de Malpaso, etc. Mais indubitablement les brèches à foraminifères et les schistes marneux de la contrée des morros plongent sous un angle plus faible (35°—40°). Les plus inférieurs de ces bancs calcaires de St. Juan sont compacts, sans fossiles, traversés de veines de calcite. Une couche de la même roche, étendue, assez puissante, plongeant 45° SW affleure à Villa de Cura; elle est recouverte de schistes marneux bruns, tombant facilement en fragments parallélipédiques, et se décomposant aisément. D'autres schistes marneux de même nature, quoique plus sableux, forment à St. Juan la roche prédominante et alternent ici avec une argile le plus souvent bleuâtre et composée de fragments amygdaloïdes, à cassure conchoïde. Cette argile apparaît aussi dans la division orientale de cette chaîne à Uchire, Panapo, Cupira, la plupart du temps assez puissante, et affleure de même dans le massif de Cumana, dans la Loma de la Virgen. La marne argileuse passe quelquefois à un calcaire qui dans ce cas est intercalé aux roches argileuses en couches de 0,5—2 dm., et souvent contient des Polythalamies en grande abondance (de St. Juan à Ortiz). A Ortiz j'y observai aussi une Turritelle. Entre les couches de marnes argileuse sableuse se trouvent quelquefois des bancs de conglomérats et des brèches; les noyaux argileux étant séparés, isolés par les éléments de la marne sableuse, ou le sable, augmentant de quantité, enferme des cailloux de schiste quartzeux et ardoisier; ici aussi on trouve des Turritelles (St. Juan) et très souvent des Polythalamies, qui sont caractéristiques pour tout ce système et qui à Parapara apparaissent de même dans une couche de sable. Les brèches et conglomérats se composent en partie de fragments assez considérables de quartzites (St. Sebastian), en partie de débris des schistes argileux et, à ce qu'il paraît, de cailloux du Crétacé inférieur (Parapara) qui sont cimentés par un sable gris argileux dans lequel je n'ai trouvé, en fait de pétrifications, que des Polythalamies.

Sous les calcaires, argiles et conglomérats des morros de St. Juan affleurent vers l'Est, dans le lit du Guarico, des roches diabasiques, chloritiques ou quartzieuses et des conglomérats; en général, du côté du Sud et de l'Ouest, dans le Cerro azul, la Platilla, le Flores, etc., les roches sont plus fermes bien que stratifiées de la même manière que près de St. Juan. A St. Francisco, au Sud de St. Juan de los morros s'y intercalent des couches à l'aspect de jaspe. A deux lieues à l'Est de cet endroit j'observai des calcaires à foraminifères et térébratules. La plus inférieure des couches sédimentaires observées ici par moi est un schiste argileux noir, siliceux, dont les fragments se retrouvent dans les poudingues. De même le quartzite jaunâtre des roches de la Galera, courant W.S.W.-E.N.E., est divisé en couches de 1—1,5 dm. de puissance qui fréquemment alternent avec des argiles de faible épaisseur, dans lesquelles on peut très bien observer que chacune de ces couches est due au desséchement d'une boue à Polythalamies, qui pendant ce desséchement se crevassa en fragments anguleux irréguliers; des cristaux de quartz se déposèrent sur les faces verticales de ces fragments, précipités de l'eau qui remplissait les fissures et qui contenait en suspension des substances entraînées. Dans les fissures qui traversent souvent les calcaires la surface de la roche est fréquemment recouverte de cristaux de calcite entre lesquelles apparaissent ordinairement des cristaux de quartz couchés sur les faces du prisme. Une association analogue de ces deux espèces se trouve aussi dans les cavités des moules d'Ammonites. Sur les schistes argileux je vis des empreintes en relief ou en creux qui rappelaient les traces bien connues de Chirotherium. A Parapara la surface des bancs calcaires inférieurs aux argiles prend une texture cristalline prismatique, analogue aux pseudo-cristaux de sel gemme, ici divisés en prismes verticaux dont les interstices sont remplis de calcite amorphe; j'observai une structure semblable à Velez, au Nord de Bogota, à la surface des calcaires inférieurs aux argiles.

Dans les vallées affleurent des couches horizontales, souvent très puissantes, d'argile, de marne et

cailloux; ceux-ci consistent en fragments des couches en place du voisinage, surtout de quartzites, plus rarement de calcaires ou des variétés dures de conglomérat sableux; au Sud de Parapara ils se composent de grès rouge de la Galera ou d'un grès bigarré cimenté avec de petits fragments de calcaire et dont les têtes de couches affleurent fréquemment au pied méridional de la Galera dans les Llanos de Calabozo, où il alterne avec de puissantes couches de marne. A St. Juan on a trouvé dans ces marnes des squelettes de *Megatherium*.

Cette Galera s'abaisse vers le Sud jusqu'aux vastes plaines qui, interrompues seulement par quelques hauteurs isolées de peu d'importance, s'étendent jusqu'à l'Orénoque et qui portent fréquemment le nom de plaines de Calabozo d'après la ville située en leur milieu, par 9° lat. nord. Les plaines gisant au Sud et à l'Est de cette ville, mais que je ne visitai pas moi-même, doivent, d'après ce qu'on m'en a communiqué, être semblables à celles de Barcelona et de Cumana dont j'ai parlé plus haut, tandis qu'au Nord et à l'Ouest, du côté du massif de Mérida et des Andes (à l'exception de l'Apure inférieur et de l'Arauca), la puissance des couches horizontales du terrain d'alluvion (Alluvium et Diluvium) diminue de plus en plus; les roches stratifiées, généralement faiblement relevées contre le Sud, affleurent sous les marnes friables, les sables et les cailloux, et forment des mesas et des bancos, qui s'élèvent légèrement au-dessous de la surface générale de l'alluvion, avec des pentes très douces du côté de l'Ouest et de l'Est. Ces roches solides des Llanos sont principalement des grès plus ou moins grossiers alternant avec des marnes et des schistes argileux, plus rarement avec des roches calcaires. Ou bien ces grès sont assez friables, blancs, quartzeux, couleur de rouille à la surface, et sans fossiles; ou bien ils sont gris, calcaires, passant quelquefois à des couches de calcaire qui atteignent jusqu'à 1 m. d'épaisseur; ils sont alors divisés en carreaux (Quebrada del Coco près la rivière de Tismados à l'Ouest de Calabozo) et renferment çà et là, comme les argiles, des traces de végétaux: feuilles de *Dicotylédones*, *Graminées* et *Fougères*, plus rarement des coquilles d'eau-douce. J'observai quelques unes de ces dernières dans une argile schisteuse qui, au Sud de Pao (dans la Quebrada del Potrero), recouvre le pied de la Galera, puis dans un schiste argileux qui, sur la Mesa de Huises, au Nord de la petite ville de Baul, accompagne un grès très fritté, rougeâtre, quartzeux, plongeant d'environ 5° au NNO. Ces couches la plupart quartzueuses, peu inclinées, rarement fossilifères, et sur lesquelles repose le Diluvium, doivent être attribuées, me semble-t-il, à la période tertiaire.

A part quelques collines et chapelets de collines de la limite sud du bassin de l'Unares et que je ne visitai pas, l'élévation la plus importante de la partie sud de ces Llanos de Vénézuëla est un groupe de collines peu considérable qui s'étend du confluent du Cojede et du Tinaco à l'Est jusqu'à la rivière Chirgua, et dont les points culminants peuvent atteindre 800 m. Quand on s'en approche du Nord ou de l'Est, on en atteint les premiers détachements à l'Est à St. Bartholo sur la Chirgua, 68° long. occid., au Nord au point de partage du torrent du Pao en deux bras; ce sont des collines basses, interrompant la vaste plaine. A quelque distance de là je crus retrouver le grès rouge de Cumana; dans le voisinage on observe la roche granitique qui, amassée ici en gros blocs, forme ces collines, probablement comme résultat de la décomposition de massifs de granit.*) Outre ces collines de granit on en trouve d'autres formées de couches de syénite et autres roches plutoniques analogues, dans lesquelles le même granite alterne en partie. Elles s'élèvent au-dessus de la plaine horizontale sur une étendue de 200 kilomètres, du Sud au Nord. Le versant de ces massifs plutoniques n'est pas recouvert d'alluvion; on n'en trouve point non plus les débris dans la plaine d'alentour. A l'Ouest le granit massif devient plus rare, au contraire les couches plutoniques stratifiées augmentent en importance et forment en partie des chaînons plus élevés, continus. L'angle de plongement de ces couches s'élève en moyenne à 45°, leur direction semble le plus souvent être WSW. — ENE; cependant elle est différente dans les différents groupes.

Presque régulièrement le granit est coloré en rouge à cause de la teinte du feldspath; rarement il est blanc; outre le mica noir il contient la plupart du temps de l'amphibole; dans quelques collines la roche est finement grenue; dans le granit massif les cristaux de feldspath atteignent parfois un décimètre de longueur; on trouve toujours des blocs traversés de couches de 5—12 cm d'un grès qui empâte du mica et de

*) Ces collines crevassées de granit, dans la roche desquelles on trouve de beaux cristaux de feldspath couleur rose-chair et de très grande taille, me font l'effet d'être les sommités de quelque massif recouvert par les couches sédimentaires des Llanos, peut-être d'une ramification septentrionale du massif de la Guyane. Humboldt vit du granit rouge à l'embouchure de l'Apure dans l'Orénoque et aussi dans la Sierra Baraguan (67° long. occid., 6—8° lat. nord). Schomburgk trouva du granit et du gneiss à feldspath rouge sur l'Essequibo près des stations d'Ampa et de Rupp par 6° 28' 47" lat. nord et 4° 12' lat. nord. Je me souviens seulement d'avoir observé du granit rouge dans le massif volcanique de l'Azufral et du Chimborazo, à l'état d'inclusions dans l'andésite et sous forme de cailloux. Wolf en trouva dans la partie sud de l'Ecuador.

l'amphibole, souvent aussi de petits cristaux de feldspath; c'est surtout le cas dans le voisinage de la surface des couches, sinon dans toute la masse. Quelques couches sont aussi un mélange intime de grains de quartz et de petits cristaux de feldspath; d'autres ne consistent qu'en feldspath en petits grains intercalés d'amphibole et de mica. Au Caño de Aceite le granit massif, qui forme ici un dôme arrondi, s'élevant peu au-dessus de la plaine, est recouvert d'un côté par des schistes argileux micacés, des quartzites, et d'autres couches susmentionnées, plongeant de 80°. Quelques milles à l'Est de ce cañon, à St. Juan, dans le voisinage du Pao viejo, j'observai une association analogue de ce granit syénitique avec des roches stratifiées; il est même en partie recouvert par un quartzite, un grès grossier concrétionné blanc à la cassure, jaune à l'extérieur. Ce quartzite est ici assez répandu,*) et alterne avec un schiste argileux bleu ou rougeâtre, et avec une brèche finement grenue composée de fragments de quartz et de schiste argileux bigarré. Il n'y a point de calcaire ici; par contre on trouve des couches chloriteuses, serpentineuses. Dans le voisinage du Río Cojede les assises supérieures du complexe qui affleure, plongeant en général de 45°—55° au S.E. ou au N.W., sont un schiste argileux bleu ou brun presque pas métamorphosé, ou des brèches de ce schiste. Celles-ci reposent sur un schiste argileux quartzueux partiellement presque converti en jaspe, dont le substratum est un grès vert, un schiste argileux silicifère à grains d'olivine, et cette même brèche finement grenue, qui est devenue ici cristallino-porphyroïde. Cette roche, qui passe en partie presque à un porphyre, alterne ici avec des masses feldspathiques ou amphiboliques à grains excessivement fins, et renfermant des cristaux de feldspath d'assez grande taille, jaunes ou rougeâtres.

Nulle part, dans cette Galera del Baul, je n'ai trouvé de restes organiques qui eussent pu me renseigner sur l'âge de ces roches; la brèche à grains fins est cependant, par sa texture et ses conditions de gisement, tellement semblable à celle à *Polythalamies* de Pao, de St. Francisco et de Parapara, qu'on est tenté de supposer que les deux sont du même âge et que cette roche, sous l'influence des masses et des forces plutoniques qui ont occasionné le soulèvement, a donné naissance aux porphyres et aux syénites. La direction générale des roches stratifiées, de W.S.W.—E.N.E., dans les collines qui courent du Nord au Sud à la partie orientale de la Galera del Baul, semble démontrer que leur soulèvement appartient à l'époque crétacée, que par conséquent il serait contemporain de celui du territoire de St. Juan de los Morros, Ortiz, Parapara, etc.

Pas plus que dans ces hauteurs granitiques du Baul on ne trouva jusqu'à maintenant dans les vastes montagnes cristallines de la Guyane des fossiles qui eussent pu fournir des données quelconques concernant leur âge géologique. Les descriptions d'Humboldt, de Schomburgk et de Codazzi s'accordent à considérer tout le territoire au Sud et à l'Est de l'Orénoque jusque près de l'équateur, comme composé de groupes et de séries de collines ou montagnes de granit micacé, auxquelles sont appuyées des couches de syénite de roches métamorphiques. Les membres supérieurs de ce complexe plutonique sont, d'après R. Schomburgk, recouvert de grès et de conglomérat.

Ces grès et conglomérats rouges et bigarrés forment d'après cet auteur la limite des bassins de l'Orénoque d'une part, de l'autre de l'Essequibo et des affluents du Rio Branco qui se jette dans le Rio negro et le fleuve des Amazones. Schomburgk poursuit ces montagnes de grès de Cujuni (7° lat. nord, 60° long. occid.) au Sud par dessus les monts de Roraima et d'Humirida, puis à l'Ouest par le massif de Pacaraima jusqu'au Maraguaca (4° lat. nord, 66° long. occid.) et au Duida Humboldt trouva formés de granit ces deux derniers massifs (Voyages, tome VIII, 144). Comme sommets principaux situés dans le voisinage des extrémités orientales et occidentales de ces chaînes, Codazzi détermina le Roraima (2400 m), et le Maraguaca (2508 m), voisin du Duida du côté du Nord-Est. Par les bassins du Catinga et du Tucuta cette formation gréseuse s'avance au Sud dans le Brésil; une étude approfondie des Guyanes la montrera sans doute s'étendant beaucoup plus loin.

Sur l'Essequibo Schomburgk remarqua aussi du basalte, dans le massif d'Ouropocari, par 4° 40' lat. nord. Attwood observa de même des filons de cette roche dans le voisinage de l'Orénoque sur l'Upata près Caroni entre Puerto de Tablas et Curatal; ces filons percent cà et là les masses diabasiques traversées de veines quartzzeuses aurifères, de même que les granites, gneiss et schistes azoïques, qui sont les roches prédominantes de la contrée.

Schomburgk trouva dans le massif d'Humirida, en alternance avec les grès rouges ou bigarrés, des lits de jaspe; ici comme dans les monts de Cunucu (Cursata) au Catinga Tucuta, etc., on observe fréquemment des cailloux de jaspe ou de calcédoine. Tout cela rappelle vivement les grès tertiaires des plaines de Calabozo et de

*) La Mesa de Calabozo est formée par un conglomérat cimenté par une argile quartzreuse rouge et composé de fragments arrondis, de la grosseur du poing, d'un quartz blanc compacte; un poudingue analogue compose, comme je l'ai dit plus haut, les hauteurs des Llanos de Barcelona situées à l'Est de cette mesa.

Coro, de même que les groupes de collines granitiques du Baul. Schomburgk aussi trouva les grès des plaines basses recouverts par des argiles brunes, jaunes ou bigarrées, sableuses, dans lesquelles gisent épars des fragments de quartz et des cristaux de quartz libres; tout-à-fait les mêmes circonstances que j'observai au Nord de l'Orénoque dans le territoire tertiaire. Les rochers granitiques de la Guyane paraissent, d'après les communications d'Humboldt et de Schomburgk, être crevassés dans les directions les plus diverses et divisés à la surface en blocs gigantesques, tout comme je les observai dans les collines de la Galera del Baul (page 14). Ces granites eurent probablement à subir différents soulèvements, et les grès rouges, micacés dans les monts d'Humirida pourraient bien être du même âge que les grès de nature analogue qui composent les mesas des plaines de Calabozo. A cause de leur couleur rouge Schomburgk nomme ces grès „old reth“; cependant il me semble que ces couches, de même peut-être que celles qui forment l'important district gréseux du Brésil, ne sortirent de la mer qu'à l'époque tertiaire.

Le territoire du Crétacé supérieur limite vers le Nord les plaines tertiaires de Vénézuëla, et est particulièrement facile à reconnaître à Ortiz et à Parapara à cause des nombreux Foraminifères en forme de Nummulites qui s'y trouvent. Il s'étend à l'Ouest par Pao, St. Carlos, Altar, Sarare jusqu'au pied du massif de Trujillo et de Merida; à l'Est, il se prolonge avec le Crétacé inférieur dans le Morro Unare et, après une courte interruption dans les plaines tertiaires de Barcelona, il atteint enfin un développement considérable dans le massif de Cumana.

Entre St. Carlos et Altar, le district des couches à Polythalamies est recouvert de grès micacé rougeâtre, de schiste argileux de même couleur et de chapelets ou lentilles de quartzites, dont les débris sont dispersés dans toute la contrée. Dans la première de ces localités on trouve des places où l'argile rouge est parsemée de cristaux de quartz isolés plus ou moins complètement formés.

Sous cette argile à Polythalamies, qui borne du côté du Nord les Llanos de l'Orénoque, de même que sous les calcaires et brèches du Crétacé supérieur, on observe çà et là, comme je l'ai mentionné, la roche calcaire ou siliceuse, en petits bancs, du Crétacé supérieur, avec Ammonites et Inocérames. Elle se trouve par exemple au Cerro de Flores, à Malpaso entre St. Juan et Parapara, entre Pao et Orituco.

Le grand angle sous lequel plongent ordinairement toutes ces couches du Crétacé qui affleurent entre la chaîne littorale et les Llanos semble indiquer que ces assises, à l'époque du soulèvement du massif littoral, ici large de près d'un degré, furent brisées, redressées et refoulées toutes ensemble, dans la direction de la chaîne.

Je n'ai pas trouvé de roches volcaniques dans le territoire de l'Ouest-Vénézuëla que je viens de passer en revue; cependant de nombreuses sources tièdes ou chaudes attestent une activité de ce genre; j'observai par exemple au pied S.-W. du massif de Cumana, dans le voisinage d'Urica, au nord de cette localité, à Amana, une source de 45° et une autre de 53°. — Sur le pied septentrional de ce massif, entre Cumana et Cariaco sur le golfe de Cariaco, surgissent plusieurs sources de 34°. Au Sud du lac d'Unare, dans les monts de Catuaro, j'en vis une de 45°. A Calabozo je trouvai pour la source des bains „La Mision“, une température de 29° (température atmosphérique 6 h. du matin 25°, 6 h. du soir 27,5°); une autre source à Guarda Tinajas avait 28°. — Dans les Llanos d'Orituco, à St. Sebastian et en d'autres lieux jaillissent plusieurs sources dont je ne pus mesurer la température. A St. Juan de los Morros, celle d'une source à hydrogène sulfuré s'élevait à 36,3° (Humboldt observa 31,3°). A Onoto, au Nord du lac de Tacarigua (de Valencia) se trouve une source de 43,75° (Boussingault avait mesuré 44,5°); près du Mariara, qui n'en est pas éloigné, une source d'eau pure monte à 54,5°; une autre qui contient de l'hydrogène sulfuré à 66,25°. Dans le col du massif entre Pt. Cabello et Valencia, sur le versant septentrional, jaillit une source devenue célèbre depuis Humboldt, celle de Las Trincheras, pour laquelle je trouvai à ma première visite une température de 97°, quelques années plus tard de 91,25°; elle contenait en outre des traces d'hydrogène sulfuré.

Boussingault remarqua que les températures qu'il avait mesurées, soit de 64° pour Mariara et 97° pour Las Trincheras dépassaient de quelques degrés les chiffres de 59,3° et 90,4° donnés par Humboldt; cette observation le conduisit à supposer que ces sources, dans les tremblements de terre qui s'étaient fait sentir dans l'intervalle, avaient atteint des profondeurs plus considérables. Je trouvai cependant la température des sources d'Onoto plus basse que Boussingault ne l'indique, de même que celle de Trincheras dans une de mes mesures; celle de Mariara par contre était plus haute; je crois d'après cela que ces températures varient dans les différentes saisons, sous l'influence des eaux de pluie.

Nous traiterons maintenant de la moitié occidentale de Vénézuëla. Sa chaîne principale, courant NE-SW du 69e au 73e degré, se rattache au N.-E. à Nirgua et Montalban à la chaîne littorale extérieure; au S.W., à St. Cristoval et Pamplona elle se réunit à la chaîne orientale de la Nouvelle-Grenade. Ce massif, qui

apparaît comme la continuation sud-ouest de la chaîne extérieure sépare la plaine basse, sillonnée de rivières, riche en marais et en lacs, qui entoure le golfe de Maracaybo et les steppes de Coro des Llanos du Portuguesa et d'Apure, qui, couverts de forêts, s'étendent jusqu'à l'Orénoque. Ce massif, qui court en général du N.E. au S.W. et se compose de plusieurs chaînes parallèles, est interrompu, par 8° lat. nord et 71° — 72° long. occid., par plusieurs arêtes courant presque directement E.W. et formant le noyau plutonique du massif; elles atteignent dans le Picacho de la Sierra Nevada de Merida une hauteur de 4581 m. et exercent, par leur soulèvement, une certaine influence sur les roches sédimentaires, en les métamorphosant. Ces roches plutoniques sont, comme leurs voisines neptuniques, plus ou moins distinctement stratifiées, et parfois alternent avec elles. La plupart sont amphiboliques; ou bien c'est de la diorite finement cristalline dont le feldspath est de l'albite, ou un gneiss syénitique; quelquefois on trouve du granit proprement dit, de la protogine et les roches analogues (Weisssteine), plus des micachistes. Vers l'Est les granites et les syénites, qui affleurent en grosses masses sur les escarpements méridionaux des plus hautes chaînes, deviennent toujours plus rares; cependant on trouve encore des granites et des syénites à St. Miguel et plus à l'Est à Chabasquen, par 70° de longit. occid., et $8^{\circ} 50'$ de latit. nord. Dans cette dernière localité ce sont des couches de 2—3 m. de puissance de vrai granite avec de beaux cristaux de mica, intercalées entre des schistes micacés, du calcaire bleu compacte, des grès et des schistes argileux. Dans la vallée du Tucujo, située à peu de distance (à la Estancia), je trouvai de la syénite. A l'Ouest de la Grita je n'observai plus de roches métamorphosées; seulement au dessus de Pamplona réapparaissent des schistes micacés.

Ces roches plutoniques ne sont pas toutes issues de la profondeur de l'écorce terrestre; mais quelques-unes d'entre elles sont provenues du métamorphisme de roches neptuniques déjà présentes: c'est ce que démontrent les formes de passage, que l'on observe quelquefois, des couches sédimentaires aux schistes cristallins et aux masses plutoniques grossièrement cristallines.

Dans la partie orientale de ce massif, comme je l'ai fait remarquer, les roches granitiques cèdent de plus en plus la place aux schistes métamorphiques; ces derniers prédominent en outre dans toute cette chaîne méridionale; dans la chaîne septentrionale au contraire ce sont les couches neptuniques. Ces dernières contiennent souvent des fossiles, surtout vers l'Ouest, et de même dans leurs ramifications septentrionales.

Sur le versant sud, plus escarpé, j'ai au contraire de préférence cherché des pétrifications, que je m'attendais à trouver dans des couches me rappelant le Crétacé supérieur. Sur la rive sud-ouest du Guanare, le massif est formé de couches neptuniques azoïques (schistes argileux, grès, etc.), reposant sur des schistes métamorphiques. Les contreforts extrêmes, qui touchent aux Llanos, sont composés de marnes, de lits de sables ou de graviers. Les plaines de Varinas sont bornées au Nord par la Mesa de Cavacas, élévation d'une hauteur approximative de 100 m. d'argile bariolée, recouverte de cailloux d'un grès calcaire ou argileux rouge, de calcaire argileux et de roches métamorphiques. Les rivières provenant des hauts massifs, qui traversent cette mesa, tels que le Guanare, le Tucupido et le Varinas charrient principalement des cailloux de roches métamorphiques. Les mêmes espèces de roches composent aussi les contreforts de Varinitas au pied du Paramo Domingo.

Quand on gravit le versant méridional du massif neigeux de Merida, on constate que les couches sur lesquelles repose la Mesa de Varinitas, de même que celles qui forment les chaînes jusqu'à Varinas la Vieja, sont composées d'alternances de schistes argileux sableux, de quartzites et d'argiles schisteuses brunes avec gros rognons amygdaloïdes à cassure conchoïdale. Le schiste argileux présente des empreintes qui rappellent les traces de pas de *Chirotherium* (v. pag. 13).

Au-dessus de Varinas la Vieja, les sommets voisins du village de St. Domingo se composent de schistes argileux bleu foncé ou bleu clair, entre lesquelles s'intercalent de puissantes couches d'une roche syénitique, qui passe parfois à une vraie syénite. Le schiste clair, se chargeant çà et là de mica, devient alors presque un micaschiste. Plus en amont, plus près de Piedra, cette roche syénitique prédomine de plus en plus, quoique constamment séparée en couches. Les lits de sable et de cailloux de la Mesa de Piedra sont formées des débris de roches cristallines, de même que les rangées de collines qui entourent le sommet du Paramo de Mucuchies; ces lits plongent de 75° — 80° N.-O. Quartzites et schistes argileux affleurent encore dans la rivière près de St. Domingo, les sommets voisins se composent de roches métamorphiques.

Etant parti de Moroturo ($10^{\circ} 30'$ lat. nord, $68^{\circ} 40'$ long. occid.) et de Duaca je me dirigeai du côté du Sud vers les montagnes de Trujillo, croyant retrouver dans les collines de Barquisimeto et de Quibor le terrain crétacé, que je venais de quitter dans la province de Coro; ce fut seulement, cependant, par 70° long. occid. que je recueillis des preuves certaines pour l'âge géologique de cette contrée. Je découvris d'abord, au Nord du Tucujo près de la localité de Barbacoas une roche crétacée riche en fossiles, un calcaire d'une

texture telle qu'il me fut possible d'envoyer au meilleur connaisseur de cette classe d'animaux un nombre suffisant de bons exemplaires d'Ammonites — dont quelques-unes atteignaient la dimension d'une roue de voiture —, et quelques bivalves. L. de Buch confirma entièrement mon opinion sur l'âge de ces fossiles; car il les reconnut, ainsi qu'il suit, pour être des espèces qui se trouvent toutes dans le Crétacé inférieur et moyen de la Savoye et du Midi de la France, sauf la dernière, qui est nouvelle; ce sont: Ammonites inflatus Sow., A. varicosus Sow., A. Hugardianus d'Orb., A. Mayorianus d'Orb., A. Royssianus d'Orb., A. Tucujensis Buch (peut-être identique avec Am. aequatorialis Buch que Degenhard recueillit à Tausa près Bogota); de plus Inoceramus plicatus d'Orb., Natica praelonga Deshayes, Cardium peregrinosum d'Orb., Lucina plicato-costata d'Orb., Ostrea diluviana var. flabellata Goldf. Plus tard je récoltai au même endroit A. Leonhardianus Krst. (Pl. II. fig. 5), A. Toroanus Krst. (Pl. IV. fig. 2), A. Mosquerae Krst. (Pl. IV. fig. 4) et A. Barbacoensis Krst. (Pl. IV. fig. 5).

Le calcaire bleu foncé à Ammonites affleure dans la contrée de Barbacoas dans les mêmes conditions de gisement que dans le massif de Cumana près de Cumanacoa, Sta Maria, etc. Les sphéroïdes, renfermant au centre une coquille, s'y retrouvent aussi; plus à l'Ouest je ne les observai plus, ni les Inocérames; peut-être les manquai-je, peut-être cette espèce de mollusque aime-t-elle les eaux courantes ou les tournaux qui paraissent avoir fait défaut en plusieurs localités où ces sphéroïdes ne se trouvent pas, par exemple au Nord de Barbacoas à Siquisique, à St. Antonio de Cucuta, à Malpaso dans la contrée de St. Juan de los Morros. L'Inoceramus plicatus se trouve à Barbacoas, de même que dans les monts de Cumana, dans les schistes calcaréo-siliceux qui la plupart du temps occupent les assises inférieures.

Sur ces roches du Crétacé inférieur reposent, à Barbacoas comme dans beaucoup d'autres localités, les calcaires bleu-clair du Crétacé supérieur; les Ammonites y sont rares; plus fréquentes sont les Exogyra Boussingaultii d'Orb., Enallaster Karsteni de Loriol, etc. Tout ce complexe de couches repose sur un schiste argileux foncé, très puissant et très répandu dans ce massif et, à ce qu'il semble, privé de fossiles.

La même succession se trouve aussi à Sta Ana, un peu au Sud de Barbacoas, où déjà Boussingault recueillit la Cucullaea dilatata d'Orb., Ostrea diluviana var. flabellata Goldf. et un fossile très analogue à l'Astarte subdentata.

Plus à l'Ouest, le grès superposé çà et là au calcaire devient de plus en plus puissant. Les schistes calcaires bleu-noir affleurent dans toute la chaîne septentrionale, surtout sur son versant Nord, avec des fossiles du Crétacé inférieur. Assez fréquemment on recueille une espèce d'Astarte (subdentata?) accompagnée de l'Exogyra Boussingaultii d'Orb. et de Térébratules (ainsi par exemple dans les couches supérieures de Barbacoas, à Carache dans la Loma de St. Juan, à Agua de Obispo), d'Ammonites (dans les calcaires foncés de Siquisique, Barbacoas, Sta. Ana, St. Antonio de Cucuta, etc.) de Trigones (à Barbacoas) et autres mollusques.

Mais ce crétacé affleure aussi dans le centre du massif, aux sources du Portuguesa et dans les vallées de Chama et de Macuties; je trouvai près de Chabasquen (70° long. occid.) des cailloux contenant des Ammonites et autres fossiles. Près de Mucuchies on découvrit dans une caverne au bord de la rivière, et à côté de pierres travaillées, des coquilles et des bélemnites ayant servi d'ornements aux habitants primitifs; cela prouve au moins la présence de ces dernières dans les calcaires à Ammonites qui se trouvent aussi dans le massif de Cumana. Plus tard je trouvai aussi des Bélemnites semblables, ou du moins des fragments, façonnés en ornements et amulettes par les Indiens qui habitent le versant nord de la Sierra Nevada de Santa Marta; d'après leurs récits, ils les recueilleraient sur le Palomino.

Sur cet ensemble de calcaires foncés en bancs mines, fossilifères comme dans les montagnes de Cumana, et souvent enchâssant des lentilles de calcaires repose un grès rouge, dans lequel je recueillis l'Ammonites Ospinae Krst. (Pl. IV. fig. 3); sur celui-ci gisent des argiles schisteuses bleues et bigarrées, et des bancs calcaires bleu-clair, souvent très puissants, qui renferment des Spatanges, Cidarites, Exogyres et autres bivalves du Crétacé supérieur (à Barbacoas), des Ostrea et Exogyres à Sta. Ana et Agua de Obispo. A Barbacoas on trouve des „Torres“ analogues, quoique plus basses, de ce calcaire bleu-clair, comme à St. Juan de los Morros. Dans la chaîne qui court de Barbacoas en direction N.E. je vis, à Moroturo, sur la rive sud du Tucujó, de ces mêmes „Morros“, dont je ne pus cependant approcher.

Les foraminifères d'Ortiz et de Parapara se retrouvent aussi sur le versant nord des monts de Merida (70° — 71° long. occid.) à Trujillo, Escuque et Bottioque; au pied sud de l'„Alto d'Escuque“, près de la Mesa Valera ils affleurent dans des calcaires coquilliers. Si de là on remonte la rivière de Motatan on trouve à El Cucharito un calcaire coquillier de même nature renfermant des foraminifères (Orbitulina Venzuelana Krst., Pl. VI., fig. 6), alternant avec des argiles et des grès à empreintes de plantes. A Merida, sous les amas de cailloux, provenant de la région des neiges, „La mesa“ qui supportent la ville, affleurent des

schistes argileux et calcaires à Astartes, Oursins et Bulimes (?). Entre Merida et Ejido, dans la Quebrada „Milio“ sur le Mucujun, reposent, sur un calcaire bleu-noirâtre à nombreuses veines cristallines, des schistes argileux, des grès et des calcaires renfermant les mêmes fossiles, et recouverts par une brèche quartzeuse. A Ejido je trouvai des oursins et des Exogyres. A Los Estanques, sur le Mucuties, des calcaires riches en Exogyres et en Astartes alternent avec des argiles rouges et sont surmontés d'un poudingue passant à un grès vers le haut et se composant de cailloux de quartz et de schiste argileux. D'ici à l'Ouest, même dans l'intérieur du massif, ces roches du Crétacé supérieur deviennent toujours plus fréquentes. Au col du Zumbador (72° long. occid.) on trouve à „El Palmar“, à environ 2000 m. d'altitude, des débris d'un calcaire compacte, gris clair, à coquilles et piquants d'oursins.

Tandis que, sur le versant nord de la cordillère de Caracas on ne trouve que des traces du tertiaire, parce que les montagnes plongent presque partout directement dans la mer, ce terrain occupe, au Nord des monts de Merida, un territoire étendu; à l'Ouest de ce massif il pénètre même dans l'intérieur jusqu'à une hauteur considérable. Dans la vallée de Tachira (qui fait déjà partie de la Nouvelle Grenade) je poursuivis ce terrain jusqu'à Pamplona (72° 32' long. occid.), où j'observai, près de la partie sud de la ville, des couches tertiaires très fossilifères. Plus en aval, à Chinacota et Chopo, un calcaire tacheté à Ostrea alterne avec des argiles schisteuses brunes recouvertes de grès et de schiste argileux. Sous ce complexe affleurent à Chinacota des schistes siliceux et un calcaire à Astartes, dont les débris se trouvent aussi dans la rivière de Pamplona. A St. Cristobal et Lobatera la superposition du tertiaire au Crétacé est irrégulière: dans cette dernière localité affleurent des charbons; à Chopo une houille (Glanzkohle) est intercalée dans une argile schisteuse bleue, alternant avec des calcaires coquilliers bariolés et un grès quartzeux. A Las Lagunillas (71° 30') à l'Ouest d'Ejido, une argile de même nature paraît être la roche mère de l'Urao (sesquicarbonate de sodium), qui se dépose en couche cristalline au fond d'un lac gisant sur cette roche.

Dans la partie orientale des dépressions tertiaires de la province de Coro, interrompues cà et là par des collines et de faibles élévations crétacées, sur le pied nord de la chaîne littorale, je constatai, comme je viens de dire, les dépôts tertiaires et quaternaires sous forme de couches la plupart de peu d'importance et s'étendant à l'Est jusqu'à La Guayra (Mayquetia). Là, au Cabo blanco, les roches tertiaires de cailloux, de sable et de marne, renfermant Pecten gigas et autres coquilles, sont redressées contre le Nord. Dans la vallée de St. Esteban, près du village de même nom, et de chaque côté de la rivière sur le dos des montagnes affleure, gisant sur les roches métamorphiques, une roche semblable au calcaire caverneux du Crétacé supérieur. A Pt. Cabello, cette zone littorale tertiaire et quaternaire commence à s'étendre à l'Ouest et recouvre une grande étendue de la province de Coro. A Palitos, à l'Ouest de Pt. Cabello sur la route de St. Felipe sur le Yaracuy se trouvent des roches analogues, frittées et métamorphosées, comme à La Guayra et Pt. Cabello; elles sont recouvertes de schistes argileux quartzeux, de schistes siliceux et de grès qui rappellent les roches du Crétacé supérieur du massif de St. Juan de los Morros; il s'y ajoute, à Urama et Taria des grès rouges micacés, fins ou passant à des conglomérats; ceux-ci sont formés de cailloux de schistes argileux ou de quartz blanc, de la grosseur d'une noix.

Dans la Sierra Aroa, au Nord-Ouest de la ville de St. Felipe, prédominent de nouveau des roches métamorphosées; la syénite affleure encore une fois, comme poste extrême de la chaîne littorale de Caracas du côté de l'Ouest. D'ici s'étend, à l'Ouest et au Nord, le territoire sédimentaire de la province de Coro. Les ramifications du mont St. Felipe, de 1170 m. d'alt., sont recouvertes de couches tertiaires, pareilles à celles que j'ai décrites de Curiepe et de Capaya (voir p. 12). A Guaydima, sur la rive gauche du Tucujo, jusqu'à Yacura et Capadare, le calcaire tertiaire tantôt argileux tantôt sableux affleure avec une puissance considérable, alternant avec des argiles marneuses ou quartzeuses, ferrugineuses ou des grès rouges (il contient, entre autre fossiles, le Pecten gigas du Cabo blanco près La Guayra); des houilles s'y intercalent à Guaydima. A Capadare un tuf calcaire oolitique, poreux, à Pecten, Scalaria, etc., repose sur une marne brune, sableuse à Bulimus, Conus, Pecten, etc. Au Nord du Capadare (500 m. alt.) affleurent sur le rivage, à Curamichate et Hicacas, des lits assez puissants de houilles qui s'intercalent entre les couches tertiaires de marne, gypse, argile calcaire et grès. Ces derniers sont micacés, gris, assez friables et renferment, dans le voisinage du lignite, des empreintes de dicotylédonées et de graminées. Dans le Cerro Piritu au pied du rameau oriental de la Sierra St. Luis, qui se trouve au Sud de la ville de Coro, affleure un calcaire poreux assez puissant, alternant avec une marne rouge; tous les deux sont riches en fossiles tertiaires des genres Pecten, Bulla, Pyrula, Conus, Turbo, Scalaria, Oliva, etc. — L'arête des monts de Cumarebo, branche nord-est du St. Luis, est, près de la côte, formée par de puissantes assises du calcaire caverneux jaune poreux ou oolitique de Capadare; il surmonte des couches tertiaires de marnes, calcaires et grès, toutes riches en oursins et autres fossiles

tertiaires de Piritu; elles plongent de 35° Sud. Ces couches renferment aussi du charbon, sur la rivière Moturo. Une formation tertiaire analogue s'étend sur la côte de Cumarebo à Coro; en général à la partie inférieure prédominent les marnes jaunes, à la partie supérieure les calcaires sont plus puissants.

Dans le massif de St. Luis 1253 m. alt.) situé au Sud de la ville de Coro, alternent des calcaires, schistes argileux et grès plongeant de 20° Sud. Un calcaire dur, jaunâtre ou bleuâtre de plus de 100 m. de puissance semblable à celui de Cumanacoa et de Guacharo, en forme l'arête culminante. Il est surmonté en stratification concordante de calcaires bien lités, bigarrés de jaune et de bleu, avec des coquilles tertiaires. Des schistes argileux semblables aux Mandelsteine (porphyres amygdaloïdes) et des grès alternent avec le calcaire en couches plus ou moins puissantes. Le pied nord, couvert d'éboulis, ne me fournit aucune occasion d'observer la roche sous-jacente; plus au Nord, jusqu'à Coro, affleurent des couches tertiaires analogues mais plongeant 30° S., dont la supérieure est une argile contenant des cailloux. Sur celles-ci succèdent, du côté de la côte, des couches analogues, dans une succession semblable, mais plongeant au Nord sous l'angle assez grand de 75°—80°*) dirigées de l'Ouest à l'Est et riches en fossiles tertiaires.

Une langue de terre étroite, longue et couverte de dunes élevées relie ce pays avec la presqu'île de Paraguana. Par dessous ces dunes affleurent çà et là les calcaires, sables et marnes tertiaires qui, comme la plupart des couches composant cette presqu'île, se redressent au Nord sous un angle très petit. Outre ces assises cette presqu'île est formée d'argiles schisteuses gypsifères, bleues, rouges ou bigarrées, facilement décomposables, de grès micacés blancs ou rouges et de tufs calcaires sans consistance, riches en coquilles marines récentes, et recouverts de conglomérats. En creusant une citerne à La Cienaga, au Sud de Sacragua (Pueblo nuevo) on découvrit le squelette sans crâne d'une gigantesque mammifère, dont les fémurs avaient plus d'un mètre de longueur.

Une élévation solitaire haute de 397 m. et courant W-E., le Sta. Ana, s'élève sur cette presqu'île plate, qui elle-même dépasse peu le niveau de la mer; les pans en sont la plupart verticaux. Dans sa partie la plus occidentale elle est formée de roches plutoniques (amphibolites porphyroïdes, diabases et gabbro) et envoie à l'Est et à l'Ouest de courtes ramifications, dont la dernière consiste en couches de gneiss, schiste micacé et roches chloriteuses; à côté de celles-ci affleurent un calcaire bleu noirâtre, cristallin, grenu, des grès gris solides et des schistes argileux, qui alternent avec les premières à la partie supérieure et plongent ENE 45°, et plus fortement encore dans les assises du sommet. On trouve dans les couches d'argile qui, alternant avec des lits de sable, s'appuient à ce massif, des fragments du grès récent à fossiles.**)

Dans le bras oriental, le plus long, de la chaîne de collines de Tausavanna, on ne trouve point de roches cristallines métamorphiques; cette ramification est formée par des couches de 5 à 10 cm de serpentine foncée, mélangée d'asbeste et de schiste siliceux noir et recouverte de bancs calcaires bleus, d'albâtre et d'argile que traversent des veines d'anhydrite. Ce complexe de couches me parut être dû à l'action des agents plutoniques sur les calcaires adjacents et sur l'argile veinée de gypse. Ces roches de Tausavanna sont privées de restes organiques; les rapports de gisements des couches inférieures rappellent certaines assises d'argile, de calcaire et de silice du Crétacé inférieur, par exemple celles de Malpaso, de Siquisque et de S. Cristoval. Cependant, sur la presqu'île de Paraguana, je n'ai pas reconnu avec certitude de roches crétacées.

A Pueblo nuevo, au nord de ces hauteurs, une asphaltite s'intercale entre des bancs d'argiles et est recouverte de grès micacé et de calcaire de l'époque tertiaire; on n'y trouva cependant point de charbon. A Miraca (sur la côte orientale, à l'Ouest de Baraibé) du soufre en petits cristaux et en couches minces affleure dans un grès ocreux; non loin de là surgissent des sources légèrement hydrosulfureuses d'une température de 30°. Sur la côte occidentale de cette presqu'île gît sous le niveau de la mer, et recouvert d'argile, une couche de sel gemme à goût amer, peut-être magnésifère, qu'on exploite à marée basse. En outre on trouve fréquemment, sur la presqu'île, des couches de sable ou de marne avec nombreux fossiles tertiaires entre autres un oursin plat rappelant le *Laganum tenuissimum* et que je ne retrouvai point en d'autres localités.

Le calcaire tertiaire qui forme aussi, au Nord de Paraguana, la petite île d'Oruba, et affleure de même à Curaçao, passe successivement, d'après les recherches de Stelzner, à un phosphate de calcium.

Le pied occidental de la Sierra St. Luis est, à Sabaneta et Agua Clara, entouré ou recouvert de couches tertiaires semblables, plongeant de 45° et courant S.W.-N.E. Les assises supérieures se composent de

*) Ce plongement très fort des couches, la plupart tertiaires, qui s'adossent au pied ou gisent autour des hauts massifs ou des chaînes de montagnes, est un fait que j'ai très souvent observé.

**) Le même aspect nous est offert par l'île rocheuse et escarpée de „Roque grande“ qui, sous le même degré de latitude, et au Nord de La Guayra, s'élève au milieu d'îlots et récifs coralligènes.

conglomérats, de sable et de cailloux. A Agua Clara alternent souvent des couches de houille avec les argiles à fossiles (moules internes de coquilles) tertiaires. Celles-ci sont recouvertes le plus souvent de grès et de poudingues. Les argiles schisteuses bleues, là où elles supportent des argiles gypseuses, sont tapissées d'efflorescences de magnésie sulfatée. Au Sud d'Agua Clara, une source hydrosulfureuse à 46° sourd d'un système de couches qui rappelle le Crétacé supérieur d'Ortiz et de Parapara; les assises de ce système contiennent des foraminifères; les fissures en sont aussi tapissées de grands cristaux de spath et de quartz. A Saladilla sourd une source de même nature, à 36°.

Le pays de collines qui s'étend au Sud de St. Luis, mais dont je ne visitai pas en cet endroit le versant immédiat, est constitué par des couches tertiaires analogues à celles d'Agua Clara. Les conglomérats, formés de cailloux de la grosseur du poing, de quartz blanc, de calcaire siliceux noir, de calcaire tacheté et de grès, affleurent sous une puissance assez considérable, dans le terrain de Guamuco qui fait partie de la Sierra Babisagete; ils reposent sur un grès blanc et gris qui recouvre un calcaire coquillier moucheté et des argiles. Au-dessous de tout ce système affleurent de puissantes couches de schiste argileux, plongeant de 85°—90° et alternant avec des calcaires à Ammonites, de couleur gris-bleue ou presque noire, et disposés en feuillets très minces.

Ces couches crétacées paraissent prédominer dans les hauteurs qui traversent de l'Est à l'Ouest la partie moyenne de la province de Coro, elle-même recouverte par le tertiaire; ces couches crétacées rappellent beaucoup ce que nous savons de S. Juan de los Morros, d'Ortiz et de Parapara.

Sur les Sabanas de Taratarare, jusqu'à Siquisique sur le Tucuyo, le tertiaire a la prépondérance. A Siquisique on observe un calcaire à Ammonites; au Sud de cette localité affleure fréquemment un schiste argileux bleu; dans les hauteurs de Matatere, les collines sont constituées par un schiste calcaire terreux blanc; on y trouve du jaspé, soit en rognons semblables à ceux de silex, soit en blocs plus gros, irréguliers, fendillés, caverneux, rugueux à la surface; rognons et blocs paraissent avoir été dégagés du schiste calcaire par les eaux de pluie (peut-être sont-ils le produit de sources thermales tertiaires?). Quelques collines sont formées par un schiste argileux non modifié; d'autres par une brèche de schiste argileux et de calcaire; celui-ci est devenu en partie spathique et blanc. Dans quelques autres collines qui renferment des couches de grès le métamorphisme est encore plus sensible: le calcaire est compacte, les schistes argileux presque convertis en jaspé, le grès a pris l'aspect d'une diabase (Grünstein).

Une formation d'eau douce peut-être synchronique, peut-être plus récente, se trouve dans les environs de Carora. Quand, du massif crétacé de Barbacoas, situé au Sud de cette région, et que nous avons décrit plus haut, on descend sur son versant nord, on voit les schistes argileux et les calcaires recouverts par un grès grossier pas très solide. Ces couches, sur le flanc nord du massif, sont redressées au Nord. On traverse continuellement, jusqu'à la plaine, les tranches des couches alternantes d'un calcaire compacte bleu ou jaunâtre tacheté et d'un grès rougeâtre; le premier paraît être ici sans fossiles et rappelle les calcaires les plus récents du Crétacé supérieur de Cumana et Barcelona. Dans la plaine, où des schistes argileux viennent s'ajouter à ces roches, les couches plongent souvent de 80° et au-delà, tandis que les calcaires crétacés, sur la hauteur de Barbacoas, plongent tout au plus de 40—50°, et quelquefois même sont horizontaux.

Près de Carora ces roches ne sont plus mises à jour, elles sont ici recouvertes d'une argile fine, grasse, qui, en couche horizontale souvent de près de 10 m. de puissance, occupe un grand espace dans la vallée de Cadiche à Arenales, où surgit une source thermale sulfureuse, entre les hauteurs environnantes. Dans cette argile se trouvent des mollusques terrestres aussi bien que des espèces d'eau douce, de plus souvent des cristaux de gypse dans certains endroits sous forme d'hémitropes à deux ou à trois cristaux, ensuite du quartz bien cristallisé; ceux-ci, de même que ceux de gypse renferment quelquefois des feuillets d'argile et même une fois, au dire d'une personne digne de foi, on trouva dans un cristal une feuille verte de Cuji (*Inga cinerea*.*).

Encore maintenant l'eau des rivières et ruisseaux qui traversent cette plaine est extraordinairement riche en silice, et les bois qui y gisent longtemps (surtout ceux de Guayac et d'Hymenaea) sont à la fin totalement silicifiés. Les mêmes phénomènes s'observent à Maracaybo. Tous ces faits nous feraient supposer que cette plaine avec les inclusions organiques et cristallines des terrains qui la composent était autrefois le fond d'un lac et que celui-ci, probablement lors du soulèvement du massif récent de Coro, recueillit les restes de l'eau de mer de même que celle des torrents qui pendant la saison des pluies descendaient des mon-

*) Bornemann observa des inclusions de bois dans des cristaux de quartz (Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellschaft 1861 p. 675 pl. XVI.).

tagnes, avant que le Tucujo ait, en aval de Siquisique, près du Salto, déblayé une ouverture suffisamment large. Il faut noter que cette plaine est bordée au Nord par la mesa tertiaire de Carora qui, d'un côté, au N.E., à peu d'heures de là près de Siquisique, s'adosse à un bras dirigé sud-nord du massif méridional Crétacé supérieur. Le sort auquel est condamnée cette plaine a déjà été décrit page 11. La mesa de Carora, située au Sud de la rivière de Baragua est constituée par des couches tertiaires peu solides, dont les grès micacés, qui gisent au-dessous d'une couche de lignite, renferment de l'ambre jaune souvent en fragments de belle taille qui enchâssent des fourmis et divers diptères. Les schistes argileux qui recouvrent ces lignites sont, comme tous ceux de ces régions à charbons tertiaires, facilement délitables, plutôt argiles schisteuses que schistes argileux; souvent c'est une marne rouge, bleue ou bigarrée, riche en sels les plus divers: gypse, sel gemme, glauberite, epsomite, alun, soude carbonatée, etc. Ces couches alternent avec des argiles ferrugineuses et ici, en outre, avec un calcaire coquillier; celui-ci est très riche en coquilles ou moules des espèces marines récentes les plus diverses, et contient en outre des ossements d'un mammifère gigantesque.

Entre Escuque et Bottijoque, au bord sud-est du golfe de Maracaybo, dans une contrée très marécageuse, surgit du pétrole, à certaines places en grande abondance, d'un grès micacé tendre, friable, qui recouvre des charbons et des argiles schisteuses.

La contrée plate et couverte de forêts du lac de Maracaybo n'offre au géologue aucun sol favorable à l'observation. A l'effluent nord du lac dans le golfe affleure le calcaire du Crétacé supérieur qui forme plusieurs îles ou récifs bas. Sur la rive nord-ouest du lac s'assied la ville de Maracaybo, sur un sol à peine sorti de la mer, qui s'étend en une vaste plaine jusqu'aux premières montagnes, à une distance de 20 milles environ, dans le voisinage desquelles il forme quelques collines de peu d'élévation. Ce sol est constitué par des couches puissantes d'un grès très friable plus ou moins grossier, qui alternent avec des marnes et plongent sous un angle très aigu. Dans cette marne sableuse se trouvent de grandes quantités de bois pétrifié; l'eau qui l'imbibe a la propriété et lapidifier très promptement le bois frais, comme nous l'avons vu pour le sol de Carora (page 21). Au pied des montagnes de Perija, constituées par le Crétacé, un grès jaunâtre, friable, de peu de puissance, contient des fossiles marins d'espèces relativement récentes; il repose sur une argile schisteuse bleue, gypsifère, et sur une marne sableuse; il plonge au S.E. de 15° et est recouvert d'environ 5 m. de cailloux quartzeux ou provenant des calcaires crétacés, empâtés dans une marne sableuse. Les parties de ce massif que je visitai, à Tintini, à l'Ouest de Perija (10° 8' lat. nord, 72° 35' long. occid.) sont constituées de préférence par un calcaire compacte bleu clair, à ammonites et térébratules, alternant avec un schiste argileux foncé de faible puissance; le tout, plongé à 80°, enferme des couches d'asphalte de plus d'un mètre d'épaisseur. Cette substance est dure à la surface, surtout pendant la nuit; durant le jour, quand elle est exposée au soleil, elle se ramollit et à quelques places, coule, mêlée d'eau, sous les roches plus dures. Ce sont probablement les mêmes conditions qui font surgir le pétrole à Escuque et Bottijoque (v. ci-dessus).

Sur la côte nord de la **Nouvelle Grenade**, à l'Ouest de la Cordillère de Ocaña et de Bogota, dont l'extrémité se termine dans la presqu'île de Goajira, séparés l'un de l'autre par la plaine de l'embouchure de la Magdalena, sont deux systèmes de montagnes de hauteur et de constitution minéralogique très différentes et dont chacun court de l'Ouest à l'Est.

Le massif de Santa Marta, qui sur la droite élève son sommet glacé jusqu'à la hauteur de 7926 m., est formé par des roches cristallines massives, de même que celui de Merida qui, couvert de neige sur les sommets, court en direction parallèle. De même que les monts de Caracas, la Sierra Nevada de Santa Marta plonge son pied septentrional immédiatement dans la mer. Le noyau de ce massif est constitué, comme je l'ai dit, par des roches plutoniques de direction W.S.W.—O.N.O., auxquelles s'appuient à l'Est et au Sud, des couches crétacées (qui se retrouvent aussi probablement au Nord, à Palomino), partiellement métamorphosées. Au pied méridional du massif on croirait observer des passages successifs aux roches crétacées, qui constituent le versant voisin de l'extrémité septentrionale des Cordillères orientales.

Dans les environs de la ville de Santa Marta (11° 16' lat. nord, 74° 12' long. occid.) se trouvent des roches plutoniques ou métamorphosées, disposées en couches; par exemple un granit amphibolique en bancs de 0,3 m. de puissance, des quartzites à chlorite ou à hornblende (amphibole). Dans les zones supérieures prédomine une syénite à fins grains, dont les bancs sont souvent séparés par des lits de quartzites micacés, de schistes chloriteux ou amphiboliques, qui çà et là passent aux roches granitiques ou granitoïdes mentionnées plus haut; cette syénite renferme aussi des fragments de schiste amphibolique (comme à Las Trincheras, entre Puerto Cabello et Valencia, page 7). J'observai des faits analogues sur le versant occidental jusque sur la rivière de Sevilla; là où du schiste argileux touche à des quartzites ou est traversé par des veines de cette roche, on trouve à la surface des bancs du feldspath (albite) et de la chlorite verte; celle-ci existe aussi en

grains dans les cristaux d'albite. Je n'observai pas de couches fossilifères. A l'embouchure du Guaire près de Santa Marta se trouvent des collines composées de granite à grain fin, dont les bancs sont séparés par des couches de schiste amphibolique quartzeux; sur le rivage immédiat de la mer une autre colline est constituée par des couches presque verticales de schiste argileux verdâtre, de quartzite blanc micacé, et de grès micacé et noir. Tout ce système court W.S.W—E.N.E., et est traversé par une encoignure verticale s'élargissant en bas et à pointe tournée vers le haut, formée par du granite massif qui affleure près de là; ce granite renferme des inclusions du grès micacé, dont il a par places refoulé les couches. Il semble que ce granite ait fait éruption, ait surgi de la profondeur à l'état liquide, incandescent, ou à demi fondu; ait soulevé, refoulé, démembré les couches susjacentes; en ait en partie enchâssé des fragments, et, pendant son refroidissement, ait occasionné des combinaisons chimiques et des formations secondaires de minéraux.

Une des sommités du massif, que j'ai gravi du côté du Nord jusqu'à la limite des neiges, au dessus de Dibulla et à l'Ouest des villages indiens de S. Antonio et de S. Miquel, situés à une grande altitude, se compose de couches de roches granito-syénitiques et de schistes cristallins. Sur le versant sud-est, je trouvai de même des roches analogues de Santa Marta. A Tomarazon (Treinta), au Sud-Ouest de Riohacha (11° 34' lat. nord, 72° 55' long. occid.) j'observai, au pied du massif, un granit (protogine) de couleur claire, à grain fin, se décomposant facilement, alternant avec un quartzite rouge et de la syénite de couleur foncée. Entre ces couches presque verticales j'en vis une, de 0,5 m. de puissance, d'une roche noire basaltique (?), qui atteignait à peine à la hauteur des tranches de couches formant ici la surface du sol. Quant à d'autres roches volcaniques, pouvant servir de témoins d'une éruption de cette Sierra Nevada qui doit avoir eu lieu dans l'année 1565, je n'en ai point observé. Je ne pus déterminer non plus d'une manière plus précise la nature de la roche volcanique dont il est fait mention plus haut, car je voyageais en compagnie de Créoles, qui craignaient les sauvages Indiens-Goajiro du voisinage.

C'est jusqu'à Tomarazon que s'avancent les dépôts tertiaires de l'Est: grès rougeâtres et bigarrés, argiles traversées et séparées par des quartzites d'environ 1 m. de puissance. Ils reposent sur les couches crétacées qui constituent les basses collines situées à l'Est de Barrancas et de la Chorera. Ces assises à Ammonites et à Inocérames, qui affleurent aussi au pied nord-est du massif de Perija, peu éloigné de là, sont recouvertes de calcaires et d'argiles à oursins et à gryphées. A Potrero de Benantio, sur la hauteur de la colline entre Tomarazon et Barrancas, des couches de même aspect, du Crétacé supérieur, sont plongées S.E. sous un angle très fort, et quelquefois même sont presque verticales. Sur ces couches reposent des marnes rouge-jaunâtre, la plupart sableuses, des grès rougeâtres friables très étendus, des argiles à sel gemme et à gypse, contenant çà et là quelques lits de charbons et des coquilles tertiaires. Ces couches recouvrent le pays de collines et les vastes plaines, jusqu'à la mer près de Riohacha, et s'étendent sans aucun doute à travers la plaine de la presqu'île de Goajira jusqu'à Maracaybo où je les observai comme je l'ai dit plus haut, de même que dans la moitié occidentale de la province de Coro.

Dans le voisinage de la mer se trouvent çà et là des couches de sable et de marne atteignant jusqu'à une hauteur de 10 m. et contenant des coquilles de la période la plus récente: Lucina pennsylvanica Lam., Venus cancellata L., Arca Noae L., Strombus gigas L. etc.; les conditions de gisement rappellent celles de la côte de Vénézuëla, par exemple à Maracaybo, La Guayra, Cumana, etc.

Je poursuivis cette série tertiaire, au pied oriental de la Sierra Nevada, par la vallée d'Upur jusqu'au Magdalena et d'ici en amont jusqu'au pied occidental des monts d'Ocaña, aussi bien dans mon voyage à terre en amont qu'en redescendant plus tard la vallée en bateau; dans cette dernière expédition j'observai souvent sur les rivages ces couches de sable et de marne sans consistance, que je prenais pour du tertiaire; elles plongeaient sous des angles divers et étaient recouvertes d'alluvion.

En opposition à ce massif plutonique, les chaînes basses qui, jusqu'à Cartajena (10° 25' lat. nord, 75° 35' long. occid.), bornent la côte de la mer des Caraïbes, sont constituées en entier par les dépôts tertiaires et quaternaires les plus récents. Des couches de calcaire jusqu'à 2 mètres de puissance, formées par des accumulations de coraux et de coquilles, alternent avec des sables et des marnes, dans lesquelles gisent les bancs et lits d'un calcaire compacte argileux; ici, de même qu'à Cumana, Panama et Bogota, elles renferment, chose frappante, du mercure métallique. Le Crétacé semble n'apparaître que plus au Sud. La côte de la mer est constituée par les alluvions les plus récentes, de même que par des bancs d'huîtres, des lits de coquilles ou de coraux.

Près de Turbaco, au Sud de Cartajena, et en différentes localités (Los Vulcanitos, Cañaverales, Bajo de Miranda, etc.) à une hauteur de 300—400 m. au dessus de la mer, tout ce système est traversé par des exhalaisons de gaz, accompagnées de faibles sources d'eau. Celles-ci tantôt sont isolées, tantôt, comme les

sources bien connues de Turbaco, sont réunies en plus grand nombre. Dans leurs canaux, l'argile ramollie par l'eau est convertie, sous l'action du bouillonnement constant du gaz, en une boue qui fait légèrement éruption à la surface du sol et forme ainsi une ceinture d'un ou plusieurs pouces de hauteur. Au temps des pluies ces sources ont un fort débit; l'eau en est rejetée de tous côtés, avec la boue argileuse, par l'éruption gazeuse qui se dégage violemment; le bord des petits cratères est alors peu à peu enlevé et emporté au loin; la plupart du temps cependant l'eau s'écoule par de petites rigoles creusées dans le limon durci qui s'est déposé; ainsi l'élévation formée par les sources de Turbaco, réunies sur un espace de 100 m, n'atteint qu'une faible hauteur au dessus de la plaine environnante; l'élévation formée par les sources qui se trouvent dans la forêt est tout-à-fait insignifiante.

Cette agitation de la boue argileuse, analogue à celle de l'eau bouillante, et causée par le dégagement des bulles de gaz, de même que cette faible élévation des bouches de sources au dessus du niveau général de la plaine, tout cela est probablement la raison d'être des noms de „Volcanes“, „Volcanitos“ qu'on leur a donnés, dénominations que même des voyageurs naturalistes ont adoptées et traduites, bien que le caractère volcanique principal, l'élévation de température, échappe à ces sources. La boue rejetée n'est pas jaune comme la marne du sol d'où jaillissent les sources, mais d'un gris bleu, probablement parce qu'elle est mélangée de débris de couches plus profondes, ou modifiée par les matières liquides qui surgissent de la profondeur.

La boue de ces sources avait en septembre, à l'ombre de la forêt, une température de 27° 5 (la même température que les puits de 15 m. de profondeur, de Cartajena et que les sources de Barranquilla à l'embouchure du Magdalena); celle des „Volcanes“ de Turbaco situés au soleil avaient à midi 29° 5' C. — Le goût de l'eau était très salin, et une solution de nitrate d'argent y provoquait un fort précipité blanc. La teneur en sel gemme que cette réaction dénote est probablement la raison pour laquelle aucune plante quelconque ne croît sur le limon qui recouvre la contrée; au contraire ce limon semble tuer les plantes qui poussent sur ses bords. Pas plus que le gaz l'eau ne laisse reconnaître de l'hydrogène sulfuré; elle a même une odeur passablement pure, non empyreumatique. Le gaz de la source de Turbaco, que j'analysai à Cartajena, se compose presque uniquement d'un mélange d'air atmosphérique et d'hydrogène carboné; des traces seulement d'acide carbonique. La teneur en gaz hydrogène carboné est différente dans les différentes sources; je ne la déterminai cependant pas, quantitativement, d'une manière plus précise.

D'autres sources à gaz semblables à celles du sud de Cartagène se trouvent à l'est de cette ville, dans le voisinage de la côte, à Guaigepé, Boca de Manzanapo, Totumo, Salina de Zamba, sur l'île de Cascajo, etc.; toutes ont une eau salée, et le mélange de gaz est qualitativement le même. La source de Totumo surgit d'un sol sableux; l'embouchure en est donc toujours fermée par du sable, car le gaz ne chasse point de limon.

Une autre source de même nature, sortant d'une couche d'argile, se trouvait autrefois sur le plateau d'une colline formant une langue de terre, la Galera de Zamba; c'était le célèbre „Volcan de Zamba“, qui terrifia la population par l'inflammation plusieurs fois répétée des gaz qui se dégageaient, et qui, en fin de compte, après sa dernière éruption, en 1848, disparut sous la mer avec une grande partie de la presqu'île.

Cet incendie, ou cette éruption que, au dire des habitants de la côte, d'autres avaient précédée (p. ex. en 1820), commença en octobre après une sécheresse excessivement longue, pendant la nuit, à l'entrée de la saison des pluies; sans doute, par suite de la tension électrique extraordinairement élevée de l'atmosphère le gaz hydrogène carboné s'alluma pendant que l'eau de la source avait tari à cause de cette sécheresse, car le gaz brûla sans interruption pendant 11 jours, illuminant toute la contrée jusqu'à une distance de 20 milles et chassant au dehors des masses de limon incandescentes qui retombaient au loin dans la mer ou sur la côte voisine, où on me les montra encore 4 ans plus tard, sur la saline de Zamba, à l'état de boules d'argile de 0.5 m. de diamètre.

Depuis cet incendie (qui sûrement arriverait aussi aux autres volcanitos, si ceux-ci, toutes choses égales d'ailleurs, dégageaient une pareille quantité de gaz inflammable pendant une semblable sécheresse) dès lors, dis-je, au dire des habitants, cette partie de la presqu'île commença à s'enfoncer et disparut enfin totalement, au bout de 2 ans, sous les eaux de la mer, à la surface de laquelle l'endroit de la source de l'ancien „Volcan de Zamba“ est encore indiqué par des dégagements de bulles de gaz.

Acosta donne sur ce phénomène (l'Institut, 1849, No. 828, p. 362) la note suivante, qui diffère un peu de ce qui précède et qui ne me fut connue que longtemps après mon retour: „Le cap de Galera Zamba se prolongeait autrefois dans la mer, sans interruption, jusqu'à l'île Enea qui le terminait. On pouvait parcourir trois à quatre lieues par terre et en partant de la côte on voyait s'élever une butte conique qui était un vrai volcan, terminé par un cratère, duquel se dégageaient des gaz avec assez de force pour lancer dans l'air

les planches et les bois qu'on y jetait. Le volcan exhalait de temps en temps de la fumée. Il y a dix ans environ qu'après une éruption dans laquelle on aperçut des flammes, la terre s'affaissa peu à peu par la suite et la péninsule de Galera Zamba devint une île. Alors les bateaux purent sortir de la Magdalena et arriver à Carthagène par la brèche que la disparition du volcan avait occasionnée, et dans laquelle la sonde marquait une profondeur de mer de 8 à 10 mètres. Tel était l'état des choses au commencement du mois d'octobre 1848, lorsque le samedi 7 octobre, vers deux heures du matin, on entendit un bruit qui augmenta rapidement, et, tout-à-coup, il s'élança de la mer, à la place de l'ancien volcan, une gerbe lumineuse qui éclaira comme un vaste incendie presque toute la province de Carthagène et une partie de celle de Santa Marta dans un rayon de 30 lieues. — Tous les habitants sortirent de leur maisons frappés par la lumière; mais on n'observa pas de pluie de cendres pendant cette éruption qui dura plusieurs jours, quoique avec une intensité moindre tous les jours.

Quelques jours après l'éruption, on remarqua une île, couverte de sable, à la place même de l'ancien volcan, qui avait ainsi reparu quelques années après s'être immergé. Mais à cette île redoutable personne n'osa aborder, et elle s'affaissa encore une fois quelques semaines après.

Le voisinage immédiat offre peu de points de repère pour expliquer cet extraordinaire phénomène et on ne peut pas en faire un reproche au simple paysan, s'il le croit toujours d'origine volcanique; le géographe au contraire s'efforcera d'étudier la roche adjacente pour expliquer, d'après la nature de celle-ci, le dégagement de ce gaz inflammable, mêlé d'eau salée et déposant du charbon. — Les lits d'asphalte que j'ai décrits dans le crétacé inférieur du massif de Perija, de même que les charbons et sels gemmes qui affleurent à l'Est de Cartagena dans la province limitrophe (prov. de Coro, à Guaranao sur Paraguana), laissent supposer que la teneur en sel de l'eau des sources, de même que celle en hydrogène carboné de l'air qui s'échappait, étaient dues à la présence de gisements de sel gemme analogue, et de lits de matières inflammables de même nature; l'inflammation de ces gaz se transmet probablement aux couches inférieures de la Galera de Zamba et provoqua l'affaissement des assises sus-jacentes.

D'après une lettre de Mr. M. Siefken à Barranquilla il paraîtrait que maintenant la région sous-marine qui avoisine la presqu'île de Zamba s'élève peu à peu, car les vapeurs transatlantiques ne peuvent plus, comme auparavant, serrer la côte de près, mais doivent rester à une distance plus grande, à cause des bas-fonds.

Les couches tertiaires de Cartagène se poursuivent à l'Est jusque dans la vallée du Magdalena; ici elles gisent en partie horizontales ou plongent faiblement à l'Est, ou plongent en partie au S.E. sous un angle de 60 à 70 degrés, comme par exemple dans les collines de Villa Nueva, au Popa de Cartajena, haut de 100 m. et sur la côte de la mer à Guagepe, à l'Est de cette ville. Elles se composent ici de couches d'une argile schisteuse jaune clair et de calcaire poreux; tout cela affleure à l'Ouest, sous des masses de cailloux de roches crétacées. Au pied occidental du massif neigeux de Santa Marta, qui s'élève vis-à-vis, n'affleurent point de couches fossilifères; les calcaires y sont cristallins.

Des trois divisions de la Cordillera de los Andes, qui sur la côte occidentale du Sud-Amérique, borne l'Océan pacifique, la partie septentrionale n'occupe seule; son point culminant est situé sous l'Equateur, et elle se divise, sous le 2^e degré de lat. nord, en trois rameaux qui courent au Nord, pendant qu'au Sud elle passe tout simplement aux montagnes du Pérou et s'appuie au territoire du massif de la Bolivie. Outre les 3 chaînes à direction Nord se trouve encore au N.W. une 4^e chaîne plus petite d'environ 300 m. de hauteur moyenne, c'est le chaînon de Baudo qui, courant sur la rive occidentale du St. Juan et de l'Atrato, en commençant à l'embouchure du premier, se prolonge jusque dans l'Isthme de Panama où, par 79° long. occid., il s'enfonce dans ce pays de collines volcaniques et reparaît de nouveau à l'Ouest pour parcourir le Centre-Amérique.

Au Sud de Popayan, par 2° lat. nord, les 3 chaînes principales se rapprochent tellement l'une de l'autre, qu'elles forment ici la ligne de séparation du côté du Sud, des deux vallées du Magdalena et du Cauca qu'elles enferment entre elles; elles forment ici la masse puissante qui sur sa large base s'élève dans la chaîne centrale à 4600 m. (Sotará) et à 4433 (Puracé) et s'appuie au noyau de montagnes du Pasto Azufral, qui forme l'extrémité nord du plateau des Cordillères de Quito. De ce point, dans la vallée occidentale partent les eaux soit au Nord dans le Cauca, soit au Sud dans le Patia; la vallée orientale, celle du Magdalena, atteint ici, par 2° lat. nord, sa limite méridionale, car la chaîne orientale s'appuie ici aux massifs trachytiques de Iscanse et de Papas de la Cordillère centrale et les accompagne vers le Sud, comme contreforts orientaux.

Cette chaîne centrale, qui se termine au Nord dans le voisinage de Mompox (9° lat. nord), porte dans la Nouvelle Grenade plusieurs sommets à neiges éternelles: par 5° et 4° 45' les volcans presque éteints

de Ruiz (5300 m.) avec celle de St. Isabel (5100 m.) et Mesa de Herveo 5590 m., de Tolima avec celui de Quindio (5150 m.) à base plutonique; le Barragan par $3^{\circ} 50'$ (4000 m), le Huila à 3° lat. nord (5700 m.), le Puracé (4433 m.) et le Sotará par $2^{\circ} 20'$ et $2^{\circ} 15'$ (4600 m.). Près de l'équateur son arête s'élargit, comme je l'ai dit plus haut et forme le plateau de Quito, qui court du Nord au Sud; sur celui-ci, tantôt au bord oriental, tantôt au bord occidental, s'élèvent de nombreux sommets volcaniques, il représente ainsi un plateau montagneux limité par deux rangées de hauteurs et dont les côtés oriental et occidental sont très abrupts et difficiles à parcourir.

Oriental La chaîne la plus orientale de la Nouvelle Grenade porte deux sommets neigeux, par 4° et $6^{\circ} 20'$ lat. N., le Sumapaz (4810 m) et le Chita (5583 m); elle se tourne ensuite au Nord par 7° l. N., puis sa masse principale se dirige à l'Est dans le pays de Merida, tandis qu'un bras plus petit, courant d'abord au Nord, puis au Nord-Est, forme le massif de Perija et s'abaisse par 12° lat. N. en formant la langue de terre de Goajira. La partie sud de ce massif (7° — 2° lat. N.) a, de même que celui de Merida, son côté le plus abrupt dirigé vers les Llanos de l'Orénoque, c'est-à-dire ici, dans la Nouvelle Grenade, à l'Est, et sa ligne de faite est située à l'Est du plan médian; à l'Ouest de cette ligne, qui court Sud-Nord, les vallées d'alluvion, situées entre les couches parallèles, et redressées à l'Ouest des hauteurs qui forment les contreforts, forment des vallons longitudinaux en terrasses, dont le plus étendu, celui de Bogota, est à une altitude de 2700 m.

La plus basse des 3 Cordillères de la Nouvelle Grenade est celle de l'Ouest; excepté les deux larges sommets de son extrémité occidentale, le Cumbal (4890 m) et le Chiles (4840 m.), qui avec l'azufral de Tuquerres (4000 m) appartiennent déjà géologiquement au plateau de Quito, elle n'a aucune sommité qui dépasse la limite des neiges; au Nord elle se termine dans le Golfe de Darien, et forme la Punta Arenas.

Le massif d'Ocaña est constitué en partie par des schistes azoïques et métamorphiques qui, plongeant à l'Est, courent du Nord au Sud; de même la partie occidentale de la vallée d'Upar; j'en commençai l'ascension à Gobernador ($8^{\circ} 27'$ lat. N.), partant de l'Ouest, et après l'avoir visité à l'Est par $7^{\circ} 30'$ jusqu'à Pamplona et au Paramo Zumbador (v. page 19). Les brèches et les puissants lits de cailloux plongeant de 45° à l'Est et stratifiés entre les argiles et les calcaires, se composent des mêmes roches; ils couvrent la vallée d'Ocaña jusqu'à La Cruz. Ces roches stratifiées reposent ici sur de la syénite à grain fin qui, outre de l'amphibole, contient aussi souvent du mica, et s'intercale çà et là entre ces couches.

A Cachira ($7^{\circ} 29'$ lat. N.) au pied du Paramo de Cachiri, haut de 4220 m., affleure un granit facilement décomposable, par dessous des calcaires, quartzites et argiles schisteuses.

Les calcaires foncés, à fossiles du Crétacé inférieur, sont ici recouverts de schistes argileux rouges, sableux, de grès et de calcaires plus récents, contenant des huîtres; les circonstances de stratification sont telles que celles que j'observai à l'Est à Pamplona, Chinacota et St. Cristobal, de même qu'au Nord, dans le massif de Perija; je ne doute donc pas que ces terrains crétacés ne s'étendent aussi dans le territoire situé entre ces points, qui ne sont du reste pas très éloignés.

Plus au Sud les couches crétacées deviennent de plus en plus puissantes et étendues. A Matanza ($7^{\circ} 5'$ lat. N.) Boussingault recueillit: *Lithodomus socialis* d'Orb., *Exogyra Boussingaultii* d'Orb., *Exogyra squamata* d'Orb., *Ostrea abrupta* d'Orb.; sur le Rio Sube qui par $6^{\circ} 31'$ se jette dans le Rio Suarez: *Ammonites Dumasianus* d'Orb., *Am. Santafecinus* d'Orb., *Am. galeatus* Buch., *Discoidea exotica* d'Orb., *Natica praelonga* Desh. Bucaramanga ($6^{\circ} 50'$ lat. N.) est situé sur une Mesa haute d'environ 100 m, formée de lits horizontaux de cailloux de roches plutoniques ou crétacées, intercalées entre des couches de sable aurifère. Elles reposent toutes sur le grès brun, argileux, micacé, du Crétacé supérieur.

Entre Bucaramanga et Zapatoca ($6^{\circ} 35'$ lat. N.) la rive du Sogamozo, rivière qui résulte de la réunion du Suarez avec la Chicamocha, a un escarpement d'environ 100 mètres; elle présente cette même couche de grès, recouverte d'un autre grès clair, quartzeux, que surmonte à son tour un calcaire argileux bleu-clair, jaune à la partie supérieure. On y trouve des *Ammonites*, *Térébratules* (*T. Haueri*, Krst., pl. VI.), des *Trigonies*, la *Crassatella Buchiana* Krst., (pl. V.), commune dans les Cordillères orientales, puis des *Spatangues*, *Exogyres*, *Pecten*, *Polythalamies* (*Planulina Zapatocensis* Krst., *Robulina Sogamozae* Krst., tous deux pl. VI.) etc.; ce sont tous des fossiles du Crétacé supérieur; ils y sont abondants. Ces calcaires alternent avec des argiles schisteuses en feuillets minces, jaunes, et des schistes argileux clairs, fissiles. Sous ces couches affleurent, dans ces profonds ravins à parois abruptes, les calcaires foncés et les schistes siliceux dans lesquels on recueille *Hamites Degenhardtii* Buch. var. *inflatus* Krst. (pl. I.), *Ancyloceras Beyrichii* Krst. (pl. I.), *Ammonites Trianae* Krst. (pl. II.), *A. Codazzianus* Krst. (pl. III.), que l'on trouve dans toutes les Cordillères. A Zapatoca apparaissent, sous le Crétacé supérieur, des schistes argileux noirs, à feuillets très minces, dans lesquels on trouve des blocs du calcaire crétacé inférieur.

Des dépôts semblables prédominent plus au Sud et forment aussi l'arête culminante du massif.

A Petaquero (6° 14' lat. N.) Acosta recueillit l'Ammonites Acostae, d'Orb. et l'Am. Solitae d'Orb.

A St. Benito (6° lat. N.) un calcaire compacte argileux, divisé en couches de 3—4 m de puissance, passe à des argiles calcaires et des marnes; il contient, dans les couches supérieures, les Trigones nommées ci-dessus, de même que les Exogyres, Pecten, etc., et recouvre des schistes argileux bleu foncé et des calcaires. Ceux-ci renferment souvent des Ammonites et autres fossiles de la même famille, qui forment le centre de cailloux arrondis du même calcaire. Ces roches crétacées courent ici du S.S.O. au N.N.E.; il en est de même dans le massif situé à l'Est, constitué par des roches syénitiques qui affleurent sous le Crétacé à Sanjil (6° 20' lat. N.).

A Las casitas, un peu au Sud de St. Benito, je trouvai les mêmes rognons calcaires à Ammonites, lités dans des schistes argileux sableux qui alternent avec d'autres schistes argileux bleu-noir, feuilletés, relevés à l'Est. Ici se trouvent aussi, sur les calcaires crétacés inférieurs, les mêmes croûtes cristallines qu'à Parapara (p. 13). On trouve dans ces calcaires des Ptychoceras, Hamites, Crioceras, Ancyloceras, Lindigia (L. helicoceroïdes Krst. 1856, pl. I., Turrilites helicoceroïdes Marcou 1875); ils représentent, me semble-t-il, la partie supérieure du Crétacé inférieur. Les couches qui les surmontent m'ont offert une Trigonia et une Venus.

Sur le Suarez supérieur, à Velez (5° 54' lat. N.), affleurent de puissantes assises d'un calcaire noir et de schistes argileux, dans lesquelles, outre les fossiles ci-dessus mentionnés, se trouvent aussi les espèces représentées sur les planches II. et III.: Am. Didayanus d'Orb., Am. pulchellus d'Orb., Am. compressissimus d'Orb., Am. galeatoides Krst., Am. Caicedi Krst., Am. Dupinianus d'Orb., Am. Alexandrinus d'Orb., Trigonia abrupta Buch; à l'Est de Velez, à Soata (5° 58'): Exogyra inoceramoides d'Orb.; à Las Palmas: Astarte exotica d'Orb., Modiola socorrina, d'Orb., Exogyra sinuata Sow., Exogyra Couloni d'Orb. — A Leiva (5° 38') et Tunja (5° 33') on trouve dans les mêmes roches: Ammonites Hopkinsi Forbes, Am. Lindigii Krst. (pl. III.) Natica praelonga Deshayes, Arca perobliqua Buch; à Tausa: Ammonites aequatorialis Buch. Leiva

Les calcaires en partie sableux, de 10 m de puissance, qui recouvrent ces couches me parurent être sans fossiles. Le crétacé supérieur reposait en discordance sur l'inférieur. Amf

C'est aussi de cette région, très-riche en fossiles crétacés, que proviennent les mollusques recueillis par Degenhard et Boussingault, que Buch et d'Orbigny reconnurent pour être du Crétacé; et probablement aussi les fossiles confiés à Forbes par Hopkins pour être déterminés, et cités comme provenant de Bogota: Ancyloceras (Orthoceras Lea) Humboldtianus Forbes, Ammonites Buchianus F., Am. Bogotensis F., Am. latidorsatus F., Am. Leai, F., Am. Inca F.

Un peu plus au Sud, dans les couches redressées au Nord que l'on rencontre en montant de Puente National (5° 47' lat. N.) à Chiquinquirá (5° 33'), le calcaire est remplacé par des grès blancs un peu micacés; de même je trouvai dans les schistes argileux qui alternent avec ces couches des empreintes d'Ammonites et d'Inocérames.

Cette roche est traversée, à Muzo (5° 26' lat. N.) au S.W. de Chiquinquirá, de veines quartzueuses contenant des émeraudes et encore plus au Sud, à Zipaquira (4° 56'), on trouve dans ses crevasses de riches gisements de sel; ces couches sont recouvertes de grès et de schistes argileux qui enchâssent des lits de houille. Ce sel gemme de Zipaquira est exploité de même qu'à Chita et Cumaral, au pied oriental de la Cordillère; sur beaucoup d'autres points de la contrée sa présence est trahie par la teneur en sel de l'eau; on l'exploite alors par évaporation. Il affleure constamment, à ce qu'il paraît, lié à un calcaire argileux noir, au pied des escarpements élevés formés par les couches sédimentaires du Crétacé, dont les tranches environnent en hémicycle le gisement de sel gemme. Dans les dépôts crétacés se trouvent Astarte truncata Buch, Arca rostellata Buch, Trigonia alaeformis? d'Orb., puis des Ammonites indéterminées et divers autres fossiles du Crétacé inférieur; les couches qui les renferment sont recouvertes de schistes siliceux et argileux, dont la partie supérieure renferme des Polythalamies et est surmontée de grès et de schistes argileux, où l'on reconnaît des Lucines et des Cardium. A une heure au Sud-Ouest, à Tabio (4° 51' lat. N.), on trouve Cardium columbianum d'Orb., et Tellina bogotina d'Orb., que Boussingault y avait déjà recueillies dans des calcaires semblables. L'Ammonites Boussingaultii d'Orb. fut aussi trouvé à Sativa, dans la même région. Maly

Le sel lui-même est assez pur et se présente sous la forme d'aggrégats cristallins, séparés cependant en couches reconnaissables par de petits fragments d'une argile noire, calcaire, semblable à celle qui forme le toit (dans le gisement de Cumaral je vis les couches de sel redressées de 45°, par-ci par-là ondulées et courant S.W.-N.E.). Abstraction faite de ce mélange d'argile, le sel est blanc et contient çà et là de petits grains de soufre pur et des cristaux de pyrite, de même que des concrétions de gypse en cristaux feuilletés, la plupart petits, d'autrefois atteignant jusqu'à 2—3 m. de diamètre. Les roches qui affleurent à côté du sel gemme, et qui recouvrent le cirque à parois abrupts d'une large vallée, sont formées par des schistes argileux, - Tabi

siliceux et calcaires; des grès et des marnes gréseuses, de même que les charbons et schistes argileux qui s'y intercalent; ces dernières roches recouvrent inégalement les dos des premières, c'est-à-dire qu'elles s'y adossent. Saenz (Contribuciones, etc. Bogota 1878) découvrit, dans une de ces couches de grès, une grande quantité de fossiles, malheureusement indéterminables d'une manière précise.

Dans le gisement de sel de Gacheta ($4^{\circ} 48'$ lat. N.), sur le versant oriental de la Cordillère, se trouve du charbon dans des conditions analogues à celles-là. Plus à l'Est, dans la contrée d'Ubalá, sur le chemin de Medina et des gisements de sel de Cumaral ($4^{\circ} 20'$ lat. N.) affleure aussi du fer pisolitique, du soufre natif pur en masses qui pèsent jusqu'à 12 kilos, du pétrole, de même que des filons de sulfure de fer de Galène, et de Cuivre sulfuré. Dans ces dépôts la roche qui est mélangée au sel en fines particules, et qui recouvre la surface du gisement, est partout de couleur noire.

Quant au charbon fossile que je trouvai, du côté du sud-ouest, à une petite distance de la mine de sel de Zipaquira, c'est un lit de 3 m. environ d'épaisseur, qui est séparé en 3 groupes par des schistes argileux d'un dm. d'épaisseur et, à ce qu'il paraît, repose sur des argiles bigarrées.

Ni dans ces houilles ni dans celles que j'observai souvent en d'autres points de la Colombie je ne vis de conifères, de fougères ou autres cryptogames vasculaires comme ceux que renferme la houille de la période carbonifère, mais j'y trouvai des feuilles de *Graminées* et de *Dicotylédones*.

Le fait que le sel gemme est stratifié en démontre l'origine sédimentaire; il est à supposer qu'à de certain intervalles, à ce qu'il ressort de sa stratification régulière, les couches de sel cristallisaient du sein de l'eau qui s'évaporait et recouvraient les petits fragments de roche qui, se détachant des parois de rochers, tombaient sur les croûtes salines de la lagune, d'où celles-ci auront tiré leur couleur noire; cette dernière en effet, de même que le soufre et la pyrite, n'est vraisemblablement qu'un produit de décomposition de substances organiques qui se trouvaient dans l'eau de mer soumise à l'évaporation. Je ne pus constater, à Zipaquira, une alternance ou une superposition quelconque du sel et d'autres couches de roche; à Cumaral il me parut recouvert immédiatement par des dépôts tertiaires, c'est-à-dire des grès et des poudingues dont les matériaux ne paraissaient provenir que du crétacé récent. Le sel apparaît en masses, déposé dans les fissures de rejet, les crevasses du crétacé; ici à Zipaquira il est recouvert par ce schiste marneux noir (probablement le résidu de couches de sel léviguées), qui dans la profondeur devient toujours plus riche en sel et passe à 8 ou 10 m. au véritable gisement (comparez profil VIII).

Des conditions de gisement que nous venons d'exposer il résulte qu'à l'époque où se déposaient les couches relativement peu importantes du tertiaire le crétacé formait une série d'îles disposées dans une direction correspondant à celle des gisements de sel, du SW au NE (celles de Zipaquira, Sesquile, Gacheta, Tausa, Nemocon, Somondoco, Lengupá, Sisbaca, Sirguasa, Chita, Chinibaque, etc.); on est aussi tenté de supposer que le sel s'est déposé au sein des eaux tertiaires qui à la marée pénétraient périodiquement dans les fissures des rochers, et s'évaporaient; plus tard, lors du soulèvement général de toute la région au-dessus de la mer tertiaire, cette partie du massif, qui maintenant court du Nord au Sud, fut exondée en forme de terrasses par un mouvement du sol qui se propagea de l'Est à l'Ouest, et soulevée à des hauteurs différentes; les dépôts de sel furent disloqués et leur nature physique modifiée. A Chita où, dans le Néocomien, Bous-singault recueillit l'*Ostrea abrupta* d'Orb., l'eau du gisement de sel semble provenir d'une profondeur considérable, car elle possède une température de 50° , tandis que la température moyenne de l'air est de 11° C. à une hauteur de 1600 m. au-dessus de la mer.

Dans le grès blanc friable qui recouvre à Zipaquira les rochers adjacents au dépôt salin, je trouvai plus au Sud, à Tausa et Bogota ($40^{\circ} 36'$ lat. N.), où il affleure sous une grande puissance, des restes d'Echinides (*Echinus Boussingaultii* d'Orb., *Spatangus* etc.), de Cirrhipèdes (*Balanus*) de Mollusques et de Céphalopodes (*Ammonites*); mais tous ces fossiles étaient dans un état de conservation qui ne permettait pas une étude plus approfondie.

Probablement ce grès correspond au grès à carreaux (quadersandstein) de la Saxe. On pourrait trouver des exemplaires passables de ces fossiles dans les carrières actuellement en exploitation du Guadalupe et du Monserrate. Saenz (Contribuciones etc., 1878) parle d'une espèce d'*Epiaster* d'Orb. que l'on trouve dans le grès de Monserrate, et nommé par lui provisoirement *Ep. Acostii*, et d'un *Goniopygus* Ag. très semblable à l'*Echinus Bolivarii* d'Orb., qu'il trouva dans un grès rougâtre du Guadalupe, et auquel il donna le nom de *Goniopygus Restrepui*.

Sous ce grès apparaît un schiste marneux sableux; tous deux sont relevés, sur le Monserrate, de 25° environ à l'Ouest; en aval de ceux-ci, près de la ville, quelquefois fortement redressés à l'Ouest, quelquefois verticales, affleurent des couches d'argile schisteuse à charbon (houille) et des grès chloriteux; tandis que sur le Guadalupe, qui est tout près de là, le plongement de ce grès fossilifère est de 75° à l'Ouest et au pied,

au-dessus de la ville, affleurent des schistes argileux des grès grossiers, grenus, des marnes bigarrées plongeant également à l'Ouest, mais sous un angle faible.

Dans ces dépôts probablement tertiaires qui s'appuient en discordance au grès fossilifère, j'observai à Boqueron, au-dessus de Bogota, du mercure métallique, comme je l'ai dit plus haut; au pied du Guadalupe s'y trouvent çà et là intercalées de minces couches de lignite.

Des grès semblables à ceux du Guadalupe et du Monserrate forment les hauteurs de cette partie des Cordillères, et on les reconnaît sur le versant oriental encore plus bas que les couches supérieures des hauteurs. Entre Cipaqué (où Boussingault recueillit un fossile analogue à *Trigonia alaeformis* Sow.) et Caquesa (4° 25'), on voit cette puissante couche de grès çà et là avec des argiles et schistes siliceux intercalés, former une grande courbure, se relever sur un grand rayon, ayant obéi à une pression venant de l'Est à l'Ouest, tandis que dans la colline située à l'Est de ce point elle est presque horizontale. Un peu au Nord de Caquesa dans la contrée de Fomeque, Ubaque et Choachi (où surgit une source sulfureuse de 54° C.), de même qu'à l'Est vers Quetame, où sourd une autre source à acide carbonique, de 37° 5 C., affleure sous le grès un schiste marneux qui m'offrit, outre d'autres fossiles crétacés que j'y recueillis, *Ammonites Alexandrinus* d'Orb., *Am. Roseanus* Krst. (pl. II fig. 4), *Am. Nöggerathii* Krst. (pl. I f. 6), *Am. Santafecinus* d'Orb., *Am. Boussingaultii* d'Orb., *Am. Caquesensis* Krst. (pl. I f. 7), *Am. Ubaquensis* Krst. (pl. I f. 8), *Ptychoceras Humboldtianus* Krst. (pl. I f. 1.), *Hamites Arboledae* Krst., *Crioceras Duvalii* Lev. var. *undulata* Krst. (pl. I f. 3).

Dans ces régions supérieures du versant oriental de cette partie des Cordillères des couches tertiaires semblent faire défaut, mais on les retrouve plus bas à leur pied oriental, à la limite supérieure des Llanos de l'Orinoco, de même que sur toutes les terrasses du versant occidental jusqu'au Magdalena. Cette circonstance semble démontrer que le soulèvement de cette Cordillère se fit principalement sur le versant occidental, et eut lieu après la période miocène, à l'époque de l'éruption des trachytes des Cordillères centrales, qui amenèrent ces chaînes à leur hauteur actuelle. Les couches qui constituent la superficie de ces terrasses sont formées de dépôts diluviens (en partie alluvians) dans lesquels, surtout dans beaucoup de localités, sur la terrasse supérieure, par exemple à Canoas près Soacha, Bolsillas, Chiquinquirá, on trouva des restes de *Mastodon angustidens* et autres Mammifères antédiluviens.

Ce grès fin et friable qui, à Bogota, affleure en couches puissantes prend çà et là une texture plus grossière; il s'y intercale des conglomérats et poudingues auxquels il passe plus tard entièrement, par exemple sur les hauteurs qui s'élèvent à l'Ouest vers Magdalena, sur les Altos de Trigo, de Guaduas, del Serjento. Ces grès reposent dans la règle sur des schistes siliceux et argileux dans lesquels je trouvai des écaillés de poissons des débris de coquilles et des *Polythalamies*, p. ex. *Orthocarina Ewaldi* Krst. (pl. VI). Dans ces systèmes de couches qui, sur le côté ouest du plateau de Cundinamarca, forment partout des terrasses on trouve à la partie supérieure des conglomérats dont les cailloux renferment des Foraminifères du Crétacé supérieur; ces couches appartiennent ainsi à une période plus récente et sont donc tertiaires. Sous ces masses de roches apparaissent la plupart du temps des couches puissantes de schistes marneux fissiles, mouchetés de rouge, et donnant par désaggrégation des marnes brunes ou bigarrées; çà et là s'y intercalent des calcaires coquilliers. Ils forment le toit des calcaires et schistes siliceux noirs à *Ammonites* du Crétacé inférieur où prédomine *Am. Galeatus* Buch (pl. II f. 6). J'y recueillis en outre, sur le chemin de Bogota à Honda et à Ambalema, à Villeta: l'*Am. Rothii* Krst.; *Am. Willisii* Krst., et *Cardium granatense* Krst. (v. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. Berlin 1859. p. 473); à Anolaima: *Rostellaria Boussingaultii* d'Orb., *R. americana* d'Orb., *Corbula columbiana* d'Orb., *Anatina columbiana* d'Orb.; à Honda: *Trigonia Hondaana* Lea. Sur le chemin de Bogota à Tocayma et Ibagué près Anapoima et dans les environs de cette dernière localité: *Rostellaria angulosa* d'Orb., *R. Boussingaultii* d'Orb., *Cardium peregrinorum* d'Orb., *Venus chia* d'Orb., *Venus cretacea* d'Orb., *Nucula incarnata* d'Orb., *Trigonia Hondaana* Lea, *Trigon. subcrenulata* d'Orb., *Trig. Lajoyei* Desh., *Cucullaea brevis* d'Orb., *Cuc. Tocaymensis* d'Orb., *Ammonites Treffryanus* Krst. (pl. IV). *Am. galeatus* Buch (*Am. Tocaymensis* Lea) pl. II f. 6, *Am. Karsteni* Marcou (*Am. Acostae* Krst. pl. V. fig. 1), *Am. planidorsatus* d'Orb., *Am. santafecinus* d'Orb. — A Guaduas (5° 2') Acosta recueillit *Am. Guaduasensis* d'Orb. Dans un calcaire très dur, blanchâtre, du Caño Morro sur le Magdalena, près de Honda, dont Acosta envoya des échantillons à d'Orbigny en 1853, celui-ci vit deux fossiles semblables à l'*Ostrea vesicularis* d'Orb., et à la *Cyprina Royana* d'Orb., qui, si elles eussent pu être déterminées avec plus de sûreté, auraient peut-être démontré ici la présence du Crétacé supérieur.

De faibles quantités de houille ou d'asphalte s'intercalent souvent entre les couches de schistes marneux rouge, par fois sableux, qui sépare le Crétacé inférieur du supérieur.

Des complexes de couches analogues forment aussi les terrasses qui à l'Ouest conduisent au Magda-

lena, avec des couches plongeant du côté de l'Est, et qui à l'Est mènent jusqu'aux plaines de l'Orénoque, avec un plongement à l'Ouest. Les roches qui les composent paraissent avoir été exposées aux agents métamorphiques (comme je l'ai dit plus haut, les terrains plus récents semblent manquer dans les régions supérieures), car sans aucun doute des roches syénitiques et d'autres espèces plutoniques affleurent çà et là dans cette partie des Cordillères; je ne les observai, il est vrai, pas en place, mais l'existence en est trahie par la présence de puissantes couches de cailloux et de graviers, au pied oriental de la chaîne.

De tels dépôts de cailloux forment, sur tout le pied des Cordillères, le „Llano alto“ de l'Orénoque. A Cumaral (p. 28), je les trouvai composés de roches sédimentaires. Sur le Casanare supérieur (à l'Est de Tunja et de Socorro) ces masses de graviers et de sables, hautes de 300 à 400 m., sont séparés du pied des Cordillères par une vallée d'érosion; elles sont de plus ravinées dans tous les sens par les eaux courantes, et divisées en „Mesas“ et en „Lomas“ de même niveau, ainsi que nous l'avons décrit pour la Mesa Carora (p. 22).

Il me paraît remarquable que les poudingues et conglomérats intercalés entre les autres couches neptuniennes, comme c'est le cas de la vallée du Haut-Magdalena, soient à éléments de quartz, d'argile et de calcaire, que je pus parfois reconnaître comme appartenant à des dépôts du Crétacé supérieur, sans que des cailloux de roches plutoniques viennent s'y mêler. Les dépôts de graviers récents au contraire, contiennent ces espèces cristallines en grande quantité, surtout dans les lits de torrents. Sur le pied occidental de la Cordillère de Bogota, au bord du Magdalena près de Piedras (4° 29') j'observai une roche chloriteuse gisant sous le diluvien, dont, à ce qu'il semblait, elle avait disloqué les couches; à Honda (5° 12') affleure une syénite recouverte de cailloux syénitiques; probablement ces roches cristallines appartiennent-elles aux Cordillères centrales (comparez l'explication du Profil V.)

Dans la direction du Sud, on voit affleurer les mêmes systèmes de couches que ceux que j'ai décrits à l'Ouest de Bogota et qui conduisent au Magdalena, par exemple à la cascade de Tequendama, haute de 146 m., qui tombe des parois abruptes de cette montagne; à Pandi (4° 13') le célèbre pont naturel d'Icononzo sur le Sumapaz est formé par un bloc du grès supérieur pincé entre les deux parois du lit du torrent. Ce grès, puissant d'environ 85 m., enferme quelques minces couches de quartzites.

Je retrouvai ces mêmes divisions jusque dans le Haut-Magdalena. Sur la rive droite les couches plongent à l'Est. Un calcaire argileux le plus souvent brun, contenant des *Exogyres*, *Cardium* et autres restes de Mollusques, s'y trouve répandu en débris dans toute la contrée. Fréquemment on observe du charbon de terre, de l'asphalte et du sel gemme intercalés entre les autres couches; il en sort çà et là des sources salines. Le sol de la plaine de Neiva (3° 7' lat. N.) a la propriété du sol tertiaire de Carora et de Maracaybo, que j'ai décrit plus haut, c'est-à-dire que le bois, surtout celui de Guayac, s'y silicifie. A Timana (2° 16' lat. N.) dans le Haut-Magdalena, au Sud de Neiva, Codazzi trouva une belle caverne dans les couches calcaires.

Sur la rive gauche du Magdalena, au pied du Huila, qui appartient à la Cordillère centrale, sous la latitude de Neiva et au Nord de Carnicerías, je trouvai une couche en place du calcaire coquillier qui, sur la rive droite, n'apparaît qu'en blocs erratiques; il repose sur une marne brune qui, outre d'autres fossiles, renferme aussi des *Nautilus* et des *Polythalamies*. Dans les cailloux et graviers récents on trouve fréquemment des débris de schistes cristallins et de roches syénitiques; on ne les observe au contraire pas dans les conglomérats intercalés aux autres dépôts sédimentaires. Si ce fait se généralisait, il fixerait l'époque du soulèvement des divers terrains de cette région.

Ici, sur la rive gauche du Magdalena, je trouvai le Crétacé inférieur à *Ammonites*; je le retrouvai encore plus au Sud, dans les régions supérieures, de Paicol (2° 52') jusqu'à Inza au Sud-Ouest (2° 45'), au pied du Guanacas, tandis que dans les régions inférieures les couches crétacées supérieures apparaissent plongeant à l'Ouest.

Steinmann reconnut deux *Ammonites* recueillies dans cette région par Stübel — l'une dans un grès jaune-brun entre Pital et la Plata (2° 34' lat. N.), l'autre dans un calcaire noir bitumineux, dont les couches sont coupées par le Río Guayabo — ce sont des formes voisines des *Amaltheus*; l'une est du groupe de l'*Am. pustulatus*, l'autre ressemble beaucoup à l'*Am. costatus* (= *spinatus*). Cet étage serait donc du Jurassique ancien ou Lias, et c'est jusqu'ici le seul affleurement de cette division que l'on ait observé dans le Sud-Amérique, au Nord de l'Equateur; tandis que d'après Stelzner, au Sud de l'Equateur (de 5° 40' à 36° 50') les Cordillères sont en partie accompagnées de couches jurassiques.

Au Nord d'Huila, au pied du Barragan, près de Chaparral (3° 52' lat. N.), Acosta trouva un calcaire noir en place, et Codazzi à Capellania dans la même contrée (à l'Ouest de Purificación 3° 95' lat. N.) une *Ammonite* indéterminable. Asphalte et pétrole, houille et sel gemme se trouvent souvent intercalés dans ces couches qui, sur le torrent de Taluni, présentent une caverne splendide. Quelques blocs de roches trachy-

tiques et syénitiques indiquent la constitution des Cordillères centrales dans cette contrée; le versant est de la chaîne est recouvert par les couches sédimentaires crétacées et tertiaires. — Plus au Nord à Sta. Ana (5° 7' lat. N.), je trouvai aussi des dépôts tertiaires à fossiles (belles empreintes de feuilles d'arbres dicotyles fort semblables à celles de la végétation actuelle); ceux-ci reposent sur des schistes frittés et métamorphosés, traversés par de riches filons métallifères, ici à minéral d'argent, desquels, au village de Guayaval, sort une source saline; au contraire, dans les localités septentrionales voisines, au pied sud du Tolima, le crétacé affleure aussi, à ce que d'Orbigny reconnut d'après les fossiles recueillis par Boussingault à Ibagué (4° 27') sur le Rio Coello et dans la vallée de St. Juan, à savoir: *Ammonites alternatus* d'Orb., *A. columbianus* d'Orb. et *Inoceramus plicatilis* d'Orb.

Le versant occidental de cette partie de la Cordillère centrale est d'une constitution analogue; je le gravis 2 fois, à savoir le Guanacas (2° 30') sur le revers nord du Puracé, entre Popayan et Neiva, et le Quindio (4° 35') au revers sud du Tolima entre Cartago et Ibagué. Dans les roches de ce versant ouest, entre ces deux passages, je ne découvris cependant aucun fossile, peut-être seulement parce que les circonstances ne me permettaient pas de les rechercher plus soigneusement. Ce versant consiste, de Popayan au nord jusqu'à Buga (3° 56') en puissantes couches de marnes rougeâtres (tufs volcaniques?) disposées au pied d'escarpements abrupts et souvent de parois de rochers presque verticales; dans les régions plus basses, plus rapprochées de la rivière Cauca, se trouvent, à ce qu'il semble, des couches tertiaires plongeant à l'est et recouvertes de marnes, sable et cailloux provenant de roches plutoniques ou volcaniques. Au Nord de Buga (3° 56') du côté du Quindio, des dômes arrondis forment les versants de cette partie de la Cordillère centrale; ici, au pied de cette chaîne, prédomine un grès tantôt fin, tantôt grossier, le plus souvent plongeant de 45° l'est et qui passe souvent à un conglomérat; cette dernière roche est formée de cailloux de quartzites foncés, de schistes argileux et de roches plutoniques. A Cartago (4° 45') affleure une formation d'eau douce dans les couches de laquelle s'intercale un schiste siliceux formé par diverses espèces de *Galionelles* (pl. VI, 7).

A l'est de Cartago les masses trachytiques du Tolima (5616 m), et de la mesa Nevada de Herveo (5590 m), avec les cônes volcaniques de Ruiz (5300 m) et de St. Isabell (5100 m), percent la chaîne plutonique. Je ne pus visiter cette partie des Cordillères et ne la connais que d'après ce qu'en ont dit Degenhard et Boussingault. Les schistes métamorphiques et plutoniques (micaschistes, etc.) qui, au pied des Cordillères, à Ibagué et Cartago, sont redressés à 45° contre la chaîne, se relèvent d'autant plus à mesure qu'on approche de la masse trachytique du volcan de Tolima, éteint depuis 1595; en contact immédiat avec le trachyte Boussingault vit des schistes micacés passant à des schistes amphiboliques et redressés verticalement; à Agua caliente, sur le Quindio, des Andésites perçaient, selon lui, des schistes micacés non modifiés. Le même observateur remarqua, à la hauteur de 4300 m d'abondantes masses de vapeur d'eau qui s'échappaient du fond de l'ancien cratère; il les trouva mélangées de gaz acide carbonique et d'hydrogène sulfuré. Sur le Paramo Ruiz Boussingault constata l'existence d'une source thermale très riche en acide sulfurique libre et en acide chlorhydrique. En 1839 Degenhard vit encore des colonnes de fumée s'élever du Paramo Ruiz (Herveo), d'où, pendant le tremblement de terre du 16 Novembre 1827, s'échappèrent de grosses masses de boue contenant de l'hydrogène sulfuré. Sur ce versant occidental du Ruiz, surgit la source sulfureuse connue sous le nom de „Termales“; Codazzi lui trouva une température de 64° C. Sur les pentes de cette montagne affluent de grandes quantités de pierre ponce et Codazzi y remarqua, à ce qu'il me dit lui-même, des charbons et des troncs de fougères carbonisés enchâssés dans le Trachyte.

Déjà Degenhard avait fait connaître (Karsten's Archiv XII, 1839) que le versant de la Cordillère d'Antioquien, du Paramo Sonson (5° 40' lat. N.) jusqu'à environ 80 milles anglais au Nord, est formé principalement par des roches plutoniques; ce sont des granites fins, passant parfois à des syénites, et sur lesquels reposent des gneiss, diabases, porphyres, schistes amphiboliques, micacés ou argileux, des grès et conglomérats. Ces dernières couches, d'origine sédimentaire, avec d'autres schistes argileux et calcaires que d'après le dire de Codazzi je tiens pour du Crétacé, composent l'extrémité nord de cette Cordillère centrale.

Dans beaucoup de localités de cette province se trouvent, dans les roches plutoniques, des pyrites et veines de quartz aurifères. C'est dans un de ces filons, à Sta. Rosa (6° 30') dans un quartz riche en hydroxyde de fer, que Boussingault découvrit en premier lieu le platine dans la roche en place. Dans le diluvium on trouve du platine en quantités considérables à côté de grains d'or dans les vallées de l'Atrato et de St. Juan; il diminue au Sud de l'embouchure du St. Juan à la côte de l'océan; il paraît exister surtout dans les porphyres de la Cordillère occidentale au nord du quatrième degré.

Sur „La Mesa“, haute de 3610 m., de Sta. Rosa et du Rio Negro, les masses plutoniques sont recouvertes, sur une étendue considérable, d'un grès qui passe à la base à des conglomérats siliceux et enferme des lits de houille et de lignite; il est recouvert lui-même presque partout d'une couche de fer hydroxydé, sur la-

quelle gît une autre couche de sable aurifère, de 1,5 m de puissance; celle-ci supporte à son tour de minces lits d'argile. Sur ce plateau, à El Quarzo, surgit une source iodifère, „El Retiro“, directement du granite. Les collines qui environnent cette source, sur la rive droite de Rio negro, qui se jette par la Nare dans le Magdalena, sont constituées par un grès alternant avec des couches d'argile très fine, en lits minces, et à belles empreintes de feuilles, rappelant du reste des faits semblables que nous observons à Sta. Ana de Mariquita, au Sud de notre point, au pied oriental des Cordillères; ce grès repose ici, en lieu et place du sable aurifère, sur du fer hydraté et celui-ci à son tour sur des alternances de lignites et d'argiles.

Cette partie de la vallée de Cauca renferme beaucoup d'autres sources salées; la plus connue est celle de Guaca près Medellin ($6^{\circ} 8'$); elle contient du iode avec des traces de brome et sort d'un grès à lignite reposant sur de la syénite. Une source semblable sourd, dans le voisinage, d'une roche porphyroïde; une autre, „La Salina“, d'un schiste amphibolique encadré de syénite.

L'Alto de Corcovado, qui s'élève dans le voisinage de Titiribi ($5^{\circ} 56'$ lat. N.) est constitué d'après Degenhard par du granite, du porphyre et du trachyte. Ce naturaliste tient pour volcaniques les cônes de Sillon et de Cerro de Tusa ($5^{\circ} 50'$ lat. N.), à cause de leur forme.

Dans la contrée d'Anserma ($5^{\circ} 50'$ lat. N.) affleure, d'après Posada-Arango, un calcaire à *Trigonia abrupta*, et déjà Degenhard et Boussingault recueillirent d'autres fossiles crétacés, sous la même latitude, sur la rive gauche du Cauca, près de Supia ($5^{\circ} 23'$). Plus au Nord, à Betulia, sur la rive occidentale du Cauca, Posada-Arango m'écrit qu'on a découvert une dent de *Mammouth*. A Maguñgue, près de l'embouchure du Cauca dans le Magdalena, on trouve d'après le même observateur d'autres parties du squelette d'un *Mammouth*. Posada-Arango en possède lui-même un fémur. A Saragoza ($7^{\circ} 20'$ lat. N.) sur le Nechi se trouvent des dépôts de cailloux aurifères, à cailloux blancs ou jaunes, empâtés dans une argile rouge qui repose sur un schiste argileux foncé, de même qu'à Simiti, St. Pablo et Nare sur le Magdalena inférieur.

Sur les flancs occidentaux de la vallée du Cauca, dans cette Cordillera occidentale que je visitai sur le Seguege ($2^{\circ} 28'$) me dirigeant au N.-W. de Popayan d'ici au Nord jusqu'à Vijes ($3^{\circ} 40'$ lat. N.) je trouvai des couches que j'attribuai au Crétacé supérieur, recouvertes d'argiles, de poudingues et de grès friables à fossiles tertiaires. Dans ces premières couches se trouvaient des *Polythalamies*, et des *Bivalves*, entre autres un *Pecten* assez commun, plus des *Polypiers* et des débris d'*Echinides*, le tout empâté dans un calcaire pur ou sableux contenant des débris de schiste argileux, de même que dans le grès très grossier qui le recouvrait. A Vijes ces complexes reposent sur un calcaire fritté, parfois marmoré, qui alterne avec un schiste argileux brun, siliceux.

Un autre schiste argileux jaune, quartzeux, semblable à celui de la chaîne littorale intérieure de Venezuela et comme celui-ci se délitant en fragments parallépipédiques, affleure entre Mulalo et Vijes; il est traversé de veines de quartz aurifère. Des filons de quartz de même nature, à paillettes d'or et de platine apparaissent dans le „Valle del Salado“ (Campo alegre) entre Cali et Juntas. Les débris de ces couches sont probablement la cause principale de la richesse en or et platine des dépôts de cailloux de la côte occidentale et de ceux des parties supérieure et moyenne de la vallée du Cauca. Sur la côte occidentale ces gîtes de métaux nobles se trouvent du 1° au 4° degré de lat. Nord, c'est-à-dire de l'Esmeraldas au Sud à St. Juan au Nord; ici ce terrain aurifère quitte la côte et suit la Cordillère occidentale en remontant la rive gauche du St. Juan, puis redescend sur la rive droite de l'Atrato. Les montagnes de Baudó et les rivages immédiats de l'Atrato et du St. Juan sont privés d'or. C'est surtout dans la couche la plus inférieure, épaisse de quelques pouces, d'un Diluvium puissant de 6—7 mètres, que les métaux se trouvent le plus abondamment. Ce Diluvium recouvre le pied et le versant des Cordillères, dans cette contrée sous le terrain d'Alluvion, de 40 à 900 m. d'altitude. Le Diluvium aurifère est formé de débris de roches plutoniques et crétacées; il est recouvert d'Alluvium, qui, au Sud, où affleurent des trachytes, est composé en grande partie des débris de cette dernière roche. Dans le bassin bas de l'Esmeralda, Wolf trouva ce Diluvium métallifère reposant en discordance sur des couches tertiaires et séparé de l'Alluvium par des masses puissantes de tuf volcanique. Ce Diluvium aurifère monte cependant jusqu'à 3000 m. sur les hauteurs trachytiques à Guachaves près de Tuquerres.

Si nous nous dirigeons de nouveau au Sud vers les sources du Cauca, nous voyons que les volcans de Puracé et de Sotarà qui, par $2^{\circ} 20'$ et $2^{\circ} 15'$ lat. N. s'élèvent de la chaîne plutonique de la Cordillère centrale, sont reliés l'un à l'autre par les hauteurs neigeuses, formées de roches trachytiques, de Coconucos; ils sont en outre réunis par leur prolongement Sud, constitué en grande partie par des roches volcaniques, avec le volcan de Pasto. Ces premières sommités provoquent dans la vallée que forment la Cordillère centrale avec les Cordillères occidentales une élévation, un exhaussement qui y détermine la séparation du bassin nord ou du Cauca et du bassin méridional ou du Patia.

Digne de remarque est, dans ces deux dernières vallées du Cauca et du Patia, la présence fréquente de sources salines iodifères, que l'on trouve d'Antioquia à Pasto et jusque dans le plateau trachytique de Quito. Sur le volcan de Pasto et sur celui de Puracé ces sources salines à teneur de brôme et de iode surgissent, d'après Boussingault, directement du trachyte; un cas cité est celui au nord du village de Pitayo, avec la „Salina de Asnenga“. A La Paila dans la vallée du Cauca, au pied occidental de la Cordillère centrale, 0° 17' au Sud de Cartago, le même naturaliste vit une source saline sortir de la syénite; dans la vallée du Patia d'autres sources semblables sortaient d'une syénite porphyrique. Peut-être des circonstances analogues expliquent-elles la présence singulière de tuf volcanique à cristaux de sel gemme sur le Cotacachi en Ecuador. Sur le versant nord-est de ce volcan, qui dépasse la limite des neiges, sur la rive escarpée de la Mica, affleure une marne sableuse contenant du sel gemme avec 1—2 % de iode; elle est exploitée pour le sel; dans cette marne sont enfermés des cailloux de diverses roches cristallines, de trachyte et de pierre-ponce. Ce tuf salin, qui s'étend sur une surface d'environ 1/2 mille carré, repose sur un trachyte à masse fondamentale augitique avec de cristaux de feldspath vitreux (Sanidine). Dans la saison sèche on enlève la couche superficielle de ce tuf, laquelle est très riche en sel, et on la lave; la couche sous-jacente, d'environ 1 m de profondeur, est moins riche, probablement parce que le sel est transporté à la surface par les eaux qui s'évaporent. On pourrait croire que ce tuf ait été rejeté par le volcan ayant déjà cette composition, s'il n'était entouré de tuf non salifère, tel que celui-ci se trouve presque partout sur ce plateau volcanique.

En descendant de Popayan dans la vallée profonde et ravinée du Patia, on voit affleurer sous de puissantes couches horizontales de marne et de cailloux, une argile quartzreuse frittée, se délitant en fragments parallélipédiques, çà et là passant à de la chlorite, le plus souvent traversée de veines de quartz blanc; cette argile est bleue et à la surface le plus souvent colorée en brun par les phénomènes d'oxydation; elle plonge de 45°. A la Horqueta (17.9 m. h.), au pied ouest du Sotará, une marne de même couleur enferme des lits de cailloux de porphyre dioritique colorés à la surface de la même teinte. Ces couches purent être observées jusqu'à Arboles (2° 15' lat. N.), où affleure un trachyte.

Le chemin qui conduit dans la vallée du Patia traverse des masses de porphyre et de trachyte, des couches de cailloux et des pendages de marne quartzreuse trappéenne, en partie un tuf volcanique. Ces couches trappéennes ne me parurent être qu'un produit de décomposition du porphyre. Plus en aval affleurent des lits de grès et de poudingues, de quartzites et de marne relevés à l'Ouest. Dans le voisinage de la Quebrada Guavita, avant de passer le pont, en descendant, on trouve des moules de Gastéropodes (tertiaires?) dans une marne argileuse qui s'appuie au porphyre du Sotará.

Les hauteurs de moindre importance qui parcourent la vallée de Patia sont constituées, pour autant que je les étudiai, par des grès gris sans consistance et des conglomérats de cailloux quartzeux blancs ou foncés, qui alternent avec des marnes sableuses grises, rarement brunes. Ces complexes de couches, plongeant 45° Ouest, sont recouverts encore çà et là, au côté gauche de la vallée, par des couches horizontales de sable, de marnes ou de gravier dont les éléments sont des quartzites, schistes argileux, calcaires coquilliers tertiaires, des diorites, trachytes et autres espèces de roches composant les Cordillères centrales dans le voisinage. Sur la rive droite du Patia les cailloux sont fournis par un porphyre analogue à celui de la rive gauche, mais la syénite a un grain plus fin.

Les couches supérieures de cette contrée sont constituées par une argile mouchetée ou brune séparée en gros sphéroïdes. Dans le ruisseau de Sarzal près de Patia (680 m d'altitude) se trouvent des cailloux d'un calcaire fossilifère noir, sableux et d'un autre calcaire jaune, argileux, comme ceux qui affleurent en place près de Segunge, sur le Haut-Cauca.

Plus au Sud, près de Mercaderes (1° 44' lat. N.) et de Sombrerillos (à 1271 m. d'altitude), je retrouvai ces couches tertiaires, plongeant à l'Est, peu puissantes, qui composent les hauteurs de la vallée du Patia; elles étaient recouvertes de puissants systèmes horizontaux de couches de sable, de marne et de cailloux des roches plutoniques ou volcaniques qui constituent les montagnes limitrophes de la Cordillère centrale. Entre les marnes friables et les couches de tuf j'observai de même, aux environs de Sombrerillos (1° 40' lat. N.) une couche d'obsidienne d'environ 0.5 dm. d'épaisseur.

Ces circonstances démontrent que les hauteurs de Patia, soulevées conjointement avec l'éruption des masses volcaniques, restèrent encore sous la surface de la mer et furent recouvertes par les produits volcaniques, et les débris de roches métamorphosées, que roulaient les courants marins; après leur exhaussement ultérieur au-dessus de la mer, les eaux courantes les délivrèrent, au moins partiellement, de ce manteau.

De la vallée du Patia le chemin me conduisit à Pasto en passant les rivières de Mayo et de Juanambu, et les villages de Venta et de Beruecos. Le terrain de cette contrée du Mayo consiste en couches

de marne sableuse renfermant des fragments de roches cristallines schisteuses ou autres, de même que des cristaux et fragments de grenat, spinelle, rubis-spinelle et de saphir.

La présence de ces minéraux dans cette marne, à côté des débris de roches mentionnés plus haut, ferait supposer que cette assise n'est qu'un tuf volcanique, le produit de décomposition, par des forces volcaniques, du massif primitivement plutonique de cette région; ce tuf aurait recouvert, à l'état de boue ou de cendre volcanique, cette contrée alors probablement encore sous les eaux de la mer, et la couvre encore maintenant jusque près des sommets proprement dits, composés de trachytes. — Sur le versant du mont de la Venta affleure sous ce tuf (cangagua) une marne schisto-sableuse, rouge-brun, qui alterne avec un grès quartzeux de même couleur. Sur le Juanambu reposent par dessous cette cangagua de puissants dépôts de cailloux et de conglomérats composés de roches quartzueuses, ou schisteuses, métamorphiques, cristallines massives et porphyriques. Ces roches se trouvent en place dans le voisinage du Juanambu.

D'ici au Sud la Cordillère centrale borne immédiatement les plaines du Marañon, car l'extrémité sud de la Cordillera oriental se réunit ici, au Paramo de las Papas ($1^{\circ} 58'$ lat. N.), avec la Cordillera central. Cette extrémité sud de la Cordillera oriental est constituée d'après Codazzi (Felipe Perez, *Jeografia*, etc. I. p. 409) non pas par des roches plutoniques, mais presque exclusivement par des couches de transition et des dépôts sédimentaires. Aux environs du volcan de Patascoï (Bordoncillo, haut de 3800 m.), à l'Est de Pasto ($0^{\circ} 14'$), se trouvent des trachytes qui affleurent de même dans les rivières de Fragua et de Yurayaco. Ces affluents du Caqueta sortent du groupe de montagnes du Fragua, composé de 3 sommets ressemblant à des volcans désignées sur les anciennes cartes, d'après leurs noms, comme des volcans. La roche prédominante de cette partie de la Cordillère paraît cependant, d'après Codazzi, être de la syénite, dont on trouve des cailloux dans le sable aurifère du Caqueta; il est en outre probable que dans le Paramo de las Papas la masse sédimentaire ici traversée par du trachyte de la Cordillera oriental qui court au Nord s'appuie aux terrains primaires de la Cordillera central.

Outre les trois Cordillères de la Nouvelle Grenade qui, partant de cette région située entre Popayan et Pasto, se dirigent au Nord, se trouve encore, au N.-W., une petite chaîne basse, qui commence sur la rive droite de St. Juan ($4^{\circ} 30'$), et d'une altitude moyenne de 300 m. environ: la Cordillère côtière de Baudo, qui occasionne la formation d'une 3^e vallée longitudinale de quelque importance. Cette vallée est divisée en deux bassins hydrographiques par un rameau qui forme la ligne de partage des eaux et, par $5^{\circ} 20'$ de lat. N., se sépare dans le Cerro Caramanta (3.100 m d'altitude) des riches montagnes métallifères des Cordillères orientales, et se dirige à l'Ouest. Les points culminants de ce rameau sont: Cuchado, Dojura et Mombu. Les deux bassins hydrographiques dont il est fait mention plus haut sont 1^o celui de St. Juan qui d'ici se dirige d'abord à l'Ouest puis au Sud vers le Pacifique et 2^o celui de l'Atrato qui, coulant d'abord également à l'Ouest et ensuite au Nord se déverse dans la mer des Caraïbes. Cette chaîne côtière occidentale est constituée principalement par des couches de conglomérats, de sables et de brèches coquillières, comme je le dis autrefois d'après une communication verbale de Codazzi; ces couches me fournirent un échantillon de *Pholas costata*, que je présentai à la société des géologues allemands (*Zeitschrift*, etc., 1861, p. 524), et qui prouve que le dépôt de ces couches ne remonte pas au-delà du Tertiaire. Dans l'édition des travaux de Codazzi publiée par Felipe Perez cet auteur confirme la description que j'en ai donnée en 1856 (*Jeografia*, etc., 1862, vol. I. 314) et il dit: „La Cordillère qui se dirige dans l'Isthme de Panama est nommée „de los Andes“; c'est la „même qu'on appelle montagnes de Darien ou de Tagargona, dont la constitution géologique correspond à celle „de la Cordillère orientale des Andes de Colombie. Dans le voisinage des hauteurs d'Aspave ($7^{\circ} 15'$ lat. N.) „on constate l'apparition d'un terrain très récent, tertiaire; il forme ce bas chaînon appelé „la chaîne du littoral“, „ou „de Baudo“, qui du Nord au Sud s'étend des monts d'Aspave ci-dessus mentionnés jusqu'aux bouches du „St. Juan (env. $4^{\circ} 10'$ lat. N.). Cette Cordillère côtière court parallèlement à la Cordillera occidental des „Andes où prédominent les porphyres feldspathiques, etc.“ — Marcou au contraire corrige mes données de 1856 et décrit cette chaîne d'après Maak; il dit que ce massif est formé par des roches plutoniques et qu'il se continue immédiatement, au Nord, dans la Serrania del Darien.

Ce massif de Darien ou de Tagargona commence, d'après Codazzi, à la côte méridionale de la partie orientale de l'Isthme, traverse celui-ci tout de suite en direction N.-E. puis longe la côte de l'Atlantique du côté de l'Ouest, se dirige de nouveau au Sud et décrit ainsi un arc, dans le „voisinage de Panama ($9^{\circ} 10'$ lat. N., $79^{\circ} 34'$ long. occid.), pour disparaître ensuite sous les plaines couvertes de terrain volcanique meuble. Bientôt cependant, plus à l'Ouest (80° long.) ce chaînon reparait sur la côte méridionale de l'Isthme et, s'allongeant du côté de l'Ouest, se rapproche de la côte nord. Son versant sud, plus escarpé, est parsemé de nombreux cônes volcaniques dont la masse trachytique augmente en étendue plus à l'Ouest et forme la Cor-

dillère du Nicaragua. Sur le versant nord, moins escarpé, de cette Cordillère de Panama, c'est-à-dire le versant tourné vers l'Atlantique, de même que dans les plaines basses à nombreux cônes de dolérite, de trachyte et de basalte, situées entre Panama et Chagres, gisent des alternances de tufs et de conglomérats volcaniques d'une part avec des brèches tertiaires coquillières d'autre part; ces dernières indiquent ainsi l'âge des éruptions volcaniques de cette contrée; il affleure aussi ici des couches inclinées d'un grès rouge et bigarré peut-être tertiaire. Dans la zone qui borde l'Océan atlantique s'intercalent souvent à ces couches des lits de charbon.

C'est à M. Wagner que nous devons la première description, qu'il fit d'une manière approfondie, de cette structure de Panama.

En **Ecuador** au Sud de Pasto nous retrouvons les mêmes conditions que j'ai décrites plus haut mais sur une échelle beaucoup plus grande. Les cônes de trachyte qui, dans l'Isthme et dans la Cordillère centrale, et au Sud jusqu'à Pasto, forment une série qui perce çà et là le massif plutonique constitué par les syénites, granites, gneiss, porphyres, et schistes cristallins, ces cônes isolés, dis-je, sont remplacés d'ici à l'Azuay en Ecuador par un plateau formé de produits volcaniques, large de 4—5 milles, et divisés en deux moitiés longitudinales par le col de Tiupullo, qui se trouve entre Cotopaxi et Iliniza (par 0° 40' lat. S.). Ce plateau est semé de cônes volcaniques, trachytiques, dont quelques-uns sont encore en activité; ils ont surgi sur le versant occidental du massif plutonique qui s'élevait autrefois ici et dont les restes existent encore isolément; leurs éruptions successives le détruisirent plus ou moins complètement, avec les couches neptuniennes qui s'y adossent, ou plutôt elles paraissent l'avoir englobé. Quelques arêtes et sommets seulement de ce massif plutonique et métamorphique restèrent çà et là libres; ces sommets sont nombreux surtout sur le côté oriental de ce plateau coupé par de profonds et étroits torrents; citons entre autres le Llanganate, autrefois l'objet de nombreuses explorations à cause de la richesse en or qu'on lui supposait, tandis qu'il ne livre que de l'argent et de la pyrite; il est situé au Sud-Est de La Tacunga (1° 10' lat. Sud); parfois ils portent sur les flancs des couches sédimentaires soit verticales, soit inclinées, soit horizontales. Fréquemment on trouve dans les trachytes de gros blocs, comme je les ai vus à l'Azufral et au Chimborazo, des couches ou des masses entières de ces roches, intercalées.

Deux rangées longitudinales des plus hauts cônes trachytiques forment les bords est et ouest de ce plateau; entre celles-ci s'élèvent d'autres cônes plus bas. L. Dressel compte dans l'Ecuador 39 volcans proprement dits, dont beaucoup, comme l'Antisana, le Pichincha, le Cayambe, l'Iguazata forment à eux seuls des systèmes entiers de montagnes. Du Nord au Sud on trouve:

a) au bord occidental de la Cordillère.	b) entre les deux.	c) au bord oriental.
I. Province d'Imbabura.		
1. Chiles 4780 m.	4. Mojanda 4249 m.	5. Imbabura 4582 m.
2. Yanaurcu 4966 "		6. Cuvilche 3882 "
3. Cotacachi 5556 "		7. Pablo urcu (Cusin) 4012 "
II. Province de Pichincha.		
8. Pululagua 3319 m.	14. Ilalo 3161 m.	18. Cayambe-urcu 5840 m.
9. Rucu-Pichincha . . 4737 "	15. Pasechoa 4255 "	19. Pamba marca 4093 "
10. Guagua-Pichincha . 4787 "	16. Rumiñagui 4192 "	20. El Puntas 4462 "
11. Atacatzo 4539 "	17. Los cerros de Chaupi 3997 "	21. Antisana 5756 "
12. Corazon 4787 "		22. Sincholagua 4988 "
13. Iliniza 5305 "		
III. Provinces de Leon et de Tunguragua.		
23. Quilotoa 4010 m.	24. Putzalagua 3515 m.	25. Cotopaxi 5943 m.
		26. Quilindaña 4919 "
		27. Tunguragua 5087 "
IV. Province de Chimborazo.		
28. Carihuairazo 5106 m.	30. Igualata 4452 m.	34. Altar (Capac Urcu) 5404 m.
29. Chimborazo 6310 "	31. Cerro de Calpi . . . 3240 "	35. Sangay 5323 "
	32. Cerrito de S. Antonio 2881 "	
	33. Tulabug 3324 "	
V. Province d'Azuay.		
		36. Azuay 4600 (?)

Ici se placent encore les deux volcans moins élevés de la côte 37. Cerro bravo et 38. Cerro de St. Vincente, plus 39. le Guacamayo dans la forêt vierge de la province d'„El Oriente“*).

Ces imposantes sommités volcaniques sont formées par des entassements de couches d'un trachyte (andesite) compact, foncé, parfois presque noir, ou aussi porphyroïde. On remarque de même, dans la plaine qui les environne, par dessus des brèches, graviers et autres dépôts sédimentaires, des coulées de ces mêmes trachytes, intercalées entre des couches de tuf et légèrement poreuses à la surface, scoriacées, souvent séparées en forme de prismes basaltiques; on trouve en outre de la pierre-ponce, la plupart du temps à l'état de cendre ou de lapilli, parfois cependant en couches formées de blocs ayant souvent un volume d'environ 100 m. c. (ainsi dans les collines de Zumbalica et de Guapalo près de St. Felipe, dans le voisinage de La Tacunga au pied du Cotopaxi); de plus, des assises, dont quelques-unes atteignent plusieurs centaines de mètres de puissance, du tuf volcanique (cangagua) englobant des fragments d'andesite, d'obsidienne et de pierre-ponce.

Les versants est et ouest de ce plateau volcanique sont en général recouverts de couches neptuniennes: schistes quartzeux et ardoisiers, brèches et conglomérats de ces mêmes couches, parfois aussi de marnes, de sables et de tufs calcaires.

Il existe de ces dépôts de cailloux plutoniques non seulement à la partie inférieure de ces contreforts des Cordillères, qui sont formés par des roches sédimentaires ou métamorphiques, mais encore, çà et là, jusque sur leurs arêtes culminantes et sur les versants supérieurs des volcans, et même souvent dans des localités où il me fut impossible de découvrir, dans le voisinage, la roche en place.

Ces amas de cailloux sont répandus partout dans cette contrée volcanique; ils y gisent intercalés entre des marnes, des tufs ou des sables. Mr. Visse a observé et discuté (Comptes Rendus, 1849. XXVIII., p. 303) les innombrables blocs de trachyte, diorite et syénite, etc., quelquefois de 900 m.^c de volume, qui gisent, quelquefois dégagés par les eaux de pluie, dans le détritiques qui lui sembla plus récent que le Crétacé et qui recouvre les versants des Andes près de Quito. Quelques-uns de ces blocs montrent des surfaces polies, mais non striées.

Près de Tuquerres des cailloux de même nature de ces roches cristallines forment de puissantes couches d'un grès friable, surmontant des dépôts de tuf à fragments d'andésite, et recouverts de sables et de marnes; ces complexes de couches plongent ici de 40 ou 45° dans différentes directions.

A la Chorera, sous ces couches qui remplissent la plaine de Tuquerres, du côté du Guaitara, on observe des escarpements d'environ 100 m. de hauteur, composés d'amas de cailloux de roches cristallines (granite à feldspath rouge, schistes cristallins, andésite, fragments de colonnes basaltiques, etc.); ils reposent sur un puissant dépôt de tuf volcanique, à l'aspect marneux. Des dispositions analogues se retrouvent à Bombona, au pied sud du Pasto.

A La Laja, près du pont de Rumichaca (Puente del Inca), on observe dans la boue volcanique stratifiée une couche de lave trachytique soit compacte, comme de l'andésite, soit scoriacée. Cette coulée de lave repose directement sur une assise de plusieurs pieds de puissance, de cailloux et de fragments d'andésite, de syénite, d'amphibolite ou de grès, englobés dans un tuf marneux jaunâtre (cangagua); quelques-uns de ces cailloux portent encore sur eux la trace du contact de la lave trachytique incandescente. Ces couches, tant les dépôts sédimentaires que les coulées trachytiques, se correspondent sur chacune des deux rives escarpées de la Guaitara, et la différence de hauteur à laquelle affleurent ces assises de chaque côté du torrent fait supposer que le lit de la Guaitara est dû à un soulèvement postérieur qui provoqua le crevassement de tout ce complexe. Plus en amont de ce cours de la Guaitara, s'intercale au milieu de couches semblables (marnes, graviers et tufs), un banc de calcaire siliceux, renfermant des carapaces de Foraminifères. A cette place les deux rives sont très rapprochées et un bloc de cette roche est pincé entre les deux de manière à permettre la traversée du torrent. C'est le Pont des Incas (Puente de Rumichaca) que l'on mentionne souvent.

Toutes ces conditions de gisement démontrent, comme je l'annonçai déjà en 1856 à la réunion des naturalistes à Vienne, que les couches de débris volcaniques, aussi bien que les laves trachytiques qui les recouvrent, ont dû en partie se déposer au fond de la mer, déjà avant le soulèvement des Cordillères jusqu'à leur hauteur actuelle.

La forme des cônes andésitiques parle de même en faveur de l'exhaussement des masses volcaniques déjà solidifiées. Tous les cônes se composent, comme je l'ai dit, de couches d'andésite d'un à plusieurs mètres de puissance et entassées les unes sur les autres. Toutes les montagnes andésitiques que je visitai

*) Les volcans dont les noms sont imprimés en caractères gras dépassent la limite des neiges. Les nouveaux mesurages barométriques exécutés par Whympner sont plus ou moins différents de ceux ci-dessus mentionnés.

présentent des parois verticales, de près de 1000 m. en hauteur et en largeur; ce sont évidemment des masses de roches fendues verticalement. Ce fait harmonise avec la déduction, que j'ai tirée de la disposition des couches sédimentaires, à savoir que tout ce massif volcanique s'est soulevé du sein de la mer tertiaire. D'après mes observations, ce sont surtout les côtés est et ouest de ce massif trachytique, et principalement ces côtés là des cônes pris isolément, qui ont subi ce crevassement vertical. Cependant ces parois nues et presque perpendiculaires des cônes disséminés sur le plateau s'offrent tout aussi bien à l'observateur dans d'autres orientations et l'on ne tarde pas à y reconnaître la stratification (ou division en plaques) de la masse rocheuse, qui au premier abord paraît être d'un seul bloc. L'Azufral, le Cumbal et le Chiles, volcans situés près des frontières de la Nouvelle-Grenade et de l'Ecuador, au côté ouest du haut-plateau, qui commence ici, apparaissent, vus de l'Est dans la direction du plateau, comme des dômes arrondis, et sont chacun, à leur pied occidental, crevassés de fissures rayonnantes en éventail, presque verticales et profondes de 300 m. environ, se rétrécissant près du centre, soit près du sommet et s'élargissant plus ou moins vers la périphérie.

Pour le voyageur non au courant de ces faits les bords, couverts d'arbres ou de buissons, de ces parois nues et tombant sans transition presque verticalement, ne sont pas sans offrir quelque danger. Me trouvant une fois sur le versant ouest des régions supérieures du Chiles, il m'arriva tout à coup de perdre pied alors que, m'étant aventuré sur un fouillis de racines, je regardais au-dessous de moi le torrent qui bouillonnait à 300 ou 400 m. plus bas. — Sur l'Azufral on peut passer une de ces crevasses, assez près de son extrémité supérieure, sur une dalle de roche pincée entre ses bords, et qui sert de pont naturel — comme ceux de Rumichaca et d'Icononzo (page 30) — de là on peut contempler à vol d'oiseau le spectacle de toutes façons charmant qui s'offre à nos yeux: sous le spectateur les vols de Guacharos*), qui s'ébattent dans le demi-jour jeté par la crevasse, nichant dans la partie supérieure de celle-ci, à son extrémité centrale, couverte de végétation et située près du cratère occidental, le plus élevé; ils s'élancent un peu au-dehors, dans la partie plus élargie de la crevasse (env. 35°), sur le fond de laquelle, environ 1000 m. plus bas, une fraîche verdure brille de tout son éclat aux rayons du soleil.

Sur le versant oriental de cette Cordillère, aux frontières de la Nouvelle-Grenade et de l'Ecuador, je trouvai les pentes du Troya crevassées de la même manière; les parois de ces crevasses était çà et là divisées en prismes verticaux de dimensions colossales. A l'une de ces parois presque verticales, quoique couverte d'arbres et de buissons, un chemin en zig-zag en façon d'escalier me conduisit des sommets arides et froids du Paramo dans le paysage luxuriant du Marañon supérieur, qui s'étalait droit au-dessous.

Il est difficile d'admettre que ces masses de roches soient sorties du sein de la terre dans leur forme actuelle, sans modification; leur naissance ne se laisse expliquer que par une pression en même temps verticale (de bas en haut) et latérale, agissant de l'intérieur du plateau des Andes, par laquelle pression les parties extérieures et inférieures des versants des volcans latéraux, parties situées au-dessous du niveau du plateau, furent poussées au dehors par compression et par là même crevassées en forme d'éventail.

Sur le volcan de Chiles, haut de 4840 m., couvert de neige et dont le cratère se trouve sur le versant sud au dessous de la limite des neiges éternelles de puissantes couches de conglomérat trachytique recouvrent les parties nord-ouest de ces rochers crevassés et forment la région supérieure d'une paroi verticale d'environ 1000 m. de hauteur. Probablement cette couche composée de bombes, scories et cendre volcaniques fut-elle soulevée avec la lave trachytique sous-jacente, fendue verticalement en même temps qu'elle, et isolée par là du cratère lui-même, dont cette partie est maintenant séparée par une assez large vallée.

Le volcan conique de Cumbal (4890 m.), du sommet duquel s'échappe continuellement de la fumée, s'élève environ de 1700 m. au-dessus de la plaine de Tuquerres; son sommet abrupt est, sur une hauteur d'environ 100 m., recouvert d'un manteau de glace transparente, qui une fois que je l'explorai à l'aide de pas taillés dans la glace, était dépourvue de neige; le sommet en est plat et libre de glaces; il se compose de lapilli jaune-blanchâtre, provenant de la décomposition de l'andésite par des vapeurs sulfureuses, qui mélangées de la vapeur d'eau surgissent de partout, surtout du côté de l'ouest, de ce plateau large de quelques centaines de pas. Sur ce côté occidental se trouve, un peu au-dessous du sommet, le cratère proprement dit que Boussingault atteignit malgré le gaz acide sulfureux qui s'en échappe et qui, par un vent continu de l'ouest, m'empêcha d'en faire l'ascension. Un ruisseau assez considérable dont je voulus boire, après mon déjeuner, lorsque j'eus atteint environ les $\frac{3}{4}$ de la hauteur**), me surprit par sa forte acidité, qui me parut plus con-

*) Cet oiseau rare et merveilleux (*Steatornis caripensis*), découvert d'abord par Humboldt à Caripe en Vénézuëla, dans les monts de Cumana (p. 9), où son espèce est assez répandue, se trouve aussi, dans la Nouvelle Grenade, dans la caverne de Taluni (p. 30) et dans la crevasse de l'Icononzo.

**) Mr. J. Roth a publié dans la „Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft, Berlin 1874“ une lettre de Mr. Reiss,

centrée que celle du célèbre Rio Vinagre sur le Puracé. L'acide de ce cours d'eau se compose selon Humboldt d'acide sulfurique et d'acide hydrochlorique, résultat confirmé par Rivero.

La glace qui, sous une épaisseur considérable, enveloppe le sommet du cône, est compacte et translucide comme la glace des glaciers alpins. Au bord inférieur je trouvai dans la masse bleue transparente de cette glace une excavation spacieuse. Whymper, qui gravit la plupart des sommités neigeuses de l'Ecuador jusqu'à leur point culminant et en mesura la hauteur au baromètre, appelle ces masses de glace tout simplement des glaciers; elles ne le sont cependant que dans une certaine mesure: car, étant donné l'uniformité de température de l'été et de l'hiver sous les tropiques, ces calottes de glaces des montagnes équatoriales ne s'avancent pas dans le bas de la vallée, en poussant devant elles des moraines et en polissant les rochers; ces masses ne compensent au contraire que par les chûtes de grésil ou de neige à la surface ce qu'elles perdent en épaisseur dans leur profondeur; il faut les comparer aux névés (Firn) des Alpes extratropicales.

L'Azufral, d'une hauteur de 4000 m., est un chaînon andésitique courant du N. W. au S. E.; il est formé de coulées de lave trachytique entassées les unes sur les autres, crevassées dans différentes directions, ou pressées latéralement (après le soulèvement général); les versants en sont recouverts en partie des masses de débris que j'ai décrites page 36. Sur les lignes de faite on reconnaît distinctement au moins deux cratères maintenant éteints, dont celui du Sud-Est, comblé par un petit lac de couleur verte, dégage des vapeurs d'eau chargées d'acide sulfureux et hydrogène sulfuré; le cratère du Nord-Ouest au contraire, entouré de hautes parois trachytiques perpendiculaires, laisse échapper un gaz sec, inodore, mortel (acide carbonique).

Chacun de ces volcans des Cordillères a son histoire particulière; pour chacun on trouve des circonstances spéciales au point de vue de la matière, de la puissance et de la disposition des roches meubles et des débris qui les recouvrent, de même qu'à celui des roches. A ce qu'il semble, tous ces volcans ont été formés par la superposition de ces roches en couches ou en bancs, et apparaissent comme les variétés d'une masse fondamentale composée des mêmes éléments; variétés dont la genèse trouve son explication dans la diversité de constitution chimique des masses rocheuses qui leur donnèrent naissance par leur fusion, de même que dans la diversité des conditions physiques sous l'influence desquelles eut lieu la solidification de cette masse.

C'est déjà en 1856 à Vienne que j'exposai à la réunion des géologues ces vues sur la formation des volcans par des entassements de couches de trachyte (*Geognostische Verhältnisse* etc. p. 90, 91, 95, 99); elles ne s'accordent pas avec l'opinion de Boussingault qui, par son étude du Chimborazo (*Annales de Chimie*, etc., 1835) crut acquérir la conviction que ces cônes volcaniques se composent de brèches à fragments anguleux, lesquelles lors de l'éruption des gaz de l'intérieur de la terre, auraient été accumulées au-dessus de leur gisement primitif, le canal volcanique actuel (à peu près comme le Monte Nuovo près de Naples). Quant à ce gisement primitif, Boussingault croit l'avoir observé au pied du Chimborazo, à l'état d'un trachyte redressé contre ce volcan, non stratifié, mais crevassé dans toutes les directions.

Sur les versants du Puracé, du Pasto, de l'Azufral, du Chiles, du Cumbal, Pichincha, Tunguragua, Chimborazo, etc., on observe très souvent une division en colonnes basaltiques allongées, avec de 4 à 7 côtés, affectant les laves trachytiques qui ont surgi à plusieurs reprises après le soulèvement général de la chaîne des Andes (soulèvement qui du reste n'eut certainement pas lieu sur toute la chaîne en même temps). L'extrémité extérieure ou supérieure de ces colonnes est perpendiculaire à la surface de la lave; quand une division en plaques intervient, la surface des colonnes est normale à celle des plaques de la roche, dont le refroidissement inégal en est la seule cause. Parfois cette division est si régulière, que les naïfs habitants de ces contrées les prennent pour des constructions élevées par les Incas; c'est surtout le cas pour celles de la partie inférieure des coulées de trachyte ou d'autres formations basaltiques.

Quelques-unes de ces soi-disantes constructions, par exemple celles du „Pied de l'Azufral“ et de Inza au pied est du Guanacas, furent détruites à grand frais par les habitants du voisinage dans l'espoir, d'y

dans laquelle il met en doute la véracité de mon allégation d'avoir fait en un jour l'ascension du Volcan de Cumbal, à partir du village de ce nom jusqu'au sommet. Mr. J. Roth, en publiant cela, ne savait probablement pas que Boussingault atteignit le sommet du volcan (4761 m) deux heures après être parti de Cumbal (3219 m); j'employais quelques heures de plus, parce que je fis tout le chemin à pied et que je m'arrêtai à herboriser. Dans la même lettre Mr. Roth publie la nouvelle que non seulement ce Cumbal, mais encore les volcans de Chiles et d'Imbabura avaient jusqu'à maintenant toujours passé pour des cimes vierges! Je gravis l'Imbabura jusqu'au bord du cratère, seul, sans aucune compagnie, après avoir déjeuné à Ibarra, et j'étais de retour en ville à 5 heures. Il est difficile de croire que je fus le premier ascensionniste de cette montagne, que l'herbe couvre jusqu'au cratère. Mr. Roth ne connaissait probablement ni ma description ni mon dessin de l'Imbabura „*Geognostische Verhältnisse* etc. pag. 97, profil IV, 1856“.

trouver des trésors des Incas. — Ce basalte d'Inza n'appartient pas, au point de vue oryctognostique, dans la série des autres; ses colonnes très régulières, couchées, ne sont pas dûes, comme toutes celles que j'ai vues en Colombie, au refroidissement de la lave trachytique, mais sont constituées par un mélange de sable et de brèches de syénite à gros cristaux*) et autres roches plutoniques de même nature, qui toutes ensemble forment le sommet d'une colline d'environ 100 m. d'élévation (sinon la colline toute entière); celle-ci s'appuie, dans l'étroite vallée d'Inza, à une paroi trachytique des Cerros de los Ullucos, de quelques centaines de mètres de hauteur, et verticale, par contre les versants escarpés du Guanacas, qui se compose ici de roches plutoniques, forment les flancs opposés de la vallée. Probablement cette localité avait été primitivement remplie par les détritiques de roches cristallines plutoniques qui, échauffés par les masses incandescentes du trachyte formant maintenant le côté droit de la vallée, furent en même temps, sur le côté gauche de celle-ci (le côté de Guanacas) enlevés et refroidis par les eaux courantes; pendant ce temps, l'état d'incandescence amené par l'andésite facilitait la division du détritiques humide d'une part, échauffé de l'autre, en colonnes basaltiques, division dont la différence de température était la cause primordiale. — Alors que la surface du sommet de cette colline était déjà enlevée je vis une extrémité de ce paquet de colonnes couchées atteindre à angle droit le flanc de cette colline dirigé contre la vallée, tandis que l'autre extrémité s'adossait à la paroi d'andésite. Les colonnes se laissaient enlever intactes comme des prismes basaltiques; mais elles se décomposent et se détruisent bientôt à l'air.**)

S'appuyant à cette formation basaltique et aux trachytes de l'Inza, se trouvent sur les pentes inférieures des calcaires et schistes marneux frittés; les mollusques fossiles du Crétacé, qui sont très évidents dans d'autres couches situées dans le voisinage mais en aval et qui appartiennent très vraisemblablement au même système, ne sont plus reconnaissables dans le groupe sus-mentionné; tandis que dans ce dernier complexe, on trouve *Inoceramus Roemeri* Krst. (Pl. V), *Baculites granatensis* Krst. (Pl. II), *Baculites Maldonadi* Krst. (Pl. II), *Ammonites Leonhardianus* Krst. (Pl. II), *Am. Mosquerae* Krst. (Pl. II).

A l'heure qu'il est, l'activité des forces volcaniques de cette région, qui causa l'éruption et le débordement des laves d'andésite, est relativement éteinte; du moins il semble qu'elle ne puisse plus provoquer l'ascension des roches en fusion jusqu'à la hauteur actuelle de ces montagnes équatoriales. Ni moi, ni mes prédécesseurs Humboldt et Boussingault n'ont découvert de laves récentes; Schmarda aussi me communique, dans une lettre, que sur sa route à travers l'Ecuador et la Nouvelle-Grenade il n'en a trouvé aucune.

Les anciens auteurs ne font aucune mention de coulées de laves pendant des éruptions volcaniques de l'Ecuador; et maintenant ces volcans ne rejettent que des morceaux d'Andésite décomposée, des rapilli et de la cendre, produits de roches, décomposées. Dans ces dix dernières années, il est vrai, quelques voyageurs allemands publièrent des notices sur des débordements de lave dans ces volcans équatoriaux; une critique approfondie démontre cependant que ces affirmations sont les produits d'une idée préconçue.

Wolf émet une opinion (Leonhard Neues Jahrbuch etc. 1875), suivant laquelle plusieurs coulées de lave peuvent être démontrées comme appartenant aux temps historiques; cette allégation perd d'autant plus de sa vraisemblabilité, si on lit ses propres expressions, qu'il se croit autorisé à admettre des courants de lave, là où l'on observe des inondations de cours d'eau descendant des volcans, ou là où des écrivains antérieurs parlent de torrents de boue ou d'eau.

La pauvreté de beaucoup de ces hauteurs trachytiques en fait de végétation éveille, quand on les voit de loin pour la première fois, l'idée que des coulées de lave auraient eu lieu à une époque très récente; mais elle en prouve aussi peu l'existence que ne le fait cette même dénudation pour le Sud de la France.

De même, celui-là seulement à qui les scénies alpêtres et les lois de la physique sont tout à fait étrangères peut croire avec Wolf et Reiss, que les arêtes en saillie soient des laves modernes, par le fait seulement que la neige les recouvre sur une moins grande hauteur et pendant un temps plus court que leurs environs, qui sont cachés sous les détritiques.

En faveur de l'opinion qu'il émet, Wolf (Verhandlungen des naturhistorischen Vereines für Rheinlande und Westfalen 1878) rapporte les communications verbales que lui firent des habitants de Mulalo, à savoir que le 26 juin 1877, à 10 heures du matin, une masse noire sortit du cratère du Cotopaxi, comme de la bouillie de maïs en ébullition s'échapperait d'une marmite, une masse qui sortait en même temps sur

*) Par une erreur de la rédaction lors de l'impression de mon rapport „Geognostische Verhältnisse Neu-Granada's, Vienne 1856“ on lit p. 91 „Trachyte“ au lieu de „Syénite“.

**) Je vis de semblables formes de colonnes basaltiques affecter des roches clastiques au Cabo de Gató dans le Sud de l'Espagne.

le point le plus bas comme sur le point le plus haut du cratère (la différence est d'environ 40 m.) — déjà, depuis le 21 avril, avaient eu lieu des éruptions de cendres et de fragments de roche incandescents, qui se répétèrent sur une plus grande échelle le 25 juin, alors que, depuis 6 heures du matin, le cratère de ce volcan avait commencé à lancer une pluie de cendres. — Aussitôt la montagne se déroba aux regards des spectateurs; car la cendre commença à tomber plus serrée et assombrir la lumière du soleil jusqu'à Quito. Les observateurs tinrent la masse noire pour un mélange de boue et d'eau; mais Wolf la nomme maintenant „une lave fluide incandescente“, quoique l'ascension de cette montagne jusqu'au cratère ne lui ait nulle part montré de coulée de lave continue. Aussitôt s'élancèrent de tous les côtés de la montagne des torrents de boue qui exercèrent d'immenses ravages dans les contrées habitées. Deux mois et demi après ces soi-disantes coulées de lave Wolf trouva le bord du cratère „constitué par des blocs de rocher nus (ancienne lave)“ et, de même que les surfaces externe et interne du cratère, couvert de „blocs de lave“ (Lavaklumpen), qui mesuraient jusqu'à 1 m. de diamètre (il y en avait dans le cratère de beaucoup plus gros) et étaient recouvert tout autour d'une croûte vitrifiée, de façon qu'il semblait „que tous ces blocs soient tombés de l'atmosphère sur le cône du volcan“; pour eux, d'après les observations que je fis lors de l'éruption de 1853, cette explication est la plus naturelle que l'on puisse donner. Sur le cratère, Wolf ne trouva nulle part de coulée continue de lave (p. 153) qu'il désignait au commencement de sa notice sous le nom de „lave fluide incandescente“ (p. 23), et dont il dit p. 125, qu'elle devait avoir été très chaude et remarquablement fluide; mais il ne constata que des „blocs de lave“ entassés, c'est pourquoi il nomme maintenant (p. 155) ces masses éruptives un „courant de blocs de lave“. — Des vapeurs chaudes et des gaz s'échappaient d'entre les „blocs de lave“, qui avaient une chaleur de 40°.

Il résulte de tout cela que la masse noire qui à 10 h. du matin le 26 juin 1877 sortit du cratère n'était que de grandes quantités de cendres de lapilli et de „blocs“ qui se répartirent dans l'atmosphère selon leur pesanteur, soit obscurcissant l'air, soit tombant bientôt sur le manteau de neige et de glace qui se mettait à fondre, et qu'il n'est pas coulé une seule parcelle de la lave fluide incandescente dont parle Wolf, laquelle aurait badigeonné les rochers du cratère, composés de vieille lave. Les „coulées de blocs de lave“ de Wolf ne sont que les fragments effrités, scoriacés de trachyte rejetés pendant les éruptions et qui retombant sur le volcan roulaient sur les pentes et s'entassaient dans ses crevasses.

Dressel communique une observation de Martinez (Leonhard Neues Jahrbuch etc., 1879) que celui-ci fit de Pichincha le 23 août 1878: Martinez vit au sommet du Cotopaxi une immense colonne de fumée qui, malgré un violent vent de l'Est, s'élevait perpendiculairement du cratère, et à midi et quart, sur le côté sud-est du cône, il sortit du cratère deux coulées de lave incandescentes, enveloppées d'un manteau de vapeurs gris-blanchâtre; dans la nuit suivante il s'échappe aussi du sommet, de temps en temps, de la lave incandescente.

Ces données me semblent cependant dépendre de la théorie du géologue officiel qui enseignait alors la géologie à Quito: car à midi il est impossible de reconnaître un courant de lave sous forme de bande incandescente; et ce courant n'est pas suffisamment visible de Pichincha, s'il s'écoule par dessus le bord sud-est du cratère du Cotopaxi, qui est le point le plus bas, et que cache aux regards la cime nord-ouest.

À la même catégorie appartiennent aussi les notices de Reiss (Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft 1874); il dit avoir vu en 1873, du Sangay, qui en est éloigné de 8 milles, s'échapper des flancs du volcan un torrent de lave qui devait déjà avoir duré au moins 8 ans.

Stübel qui, en 1872, n'était qu'à 4 milles de distance du Sangay et reconnaissait distinctement le petit cône intérieur, en activité, qui se trouvait au milieu du grand cratère et dont il dépassait les bords, Stübel ne parle pas (Giebel Zeitschrift für gesammte Naturwissenschaft Bd. VIII., 1873) de cette coulée de lave de Reiss que son observateur, placé en ligne droite à une distance de 8 milles, vit encore distinctement surgir du cratère, comme un torrent qui pendant son cours se couvrit de scories et se divisa en plusieurs ramifications.

Sur l'influence des récents explorateurs se base aussi l'opinion qui a cours à propos d'une éruption de lave du volcan de Pasto (Galera) en 1866. Je priai Mr. Posada-Arango (dont j'ai parlé page 32), de me donner des renseignements sur le véritable état des choses. Voici ce qui me répondit ce savant qui a beaucoup mérité de l'histoire naturelle de la Nouvelle-Grenade et qui s'est fait connaître par de nombreuses publications: „Il est certain qu'aucune éruption de lave n'a eu lieu au volcan de Pasto; tout au plus a-t-il „dégagé des flammes, rejeté de la cendre, des pierres incandescentes et de l'eau bouillante. C'est „sans doute cette boue, ce mélange de cendre et d'eau, qu'un observateur superficiel aura pris pour „de la lave.“

Je crus reconnaître une confirmation de cet énoncé dans une communication de Mr. Rojas, qui, s'en

référant aux savants allemands alors présents à Pasto, avait dit à J. Triana que lors de l'éruption du Galeras du côté du Guaitara, la lave rejetée avait détruit beaucoup d'haciendas, sur lesquelles elle s'était répandue et qu'un des possesseurs de ces fermes avait allumé son cigare à cette masse incandescente. Il est clair que cette masse n'est pas un courant de lave en fusion, mais que ce sont des pierres incandescentes rejetées par le volcan: car les haciendas ne commencent qu'à une distance de plusieurs lieues du cratère, que Monsieur le fermier n'aura certainement pas visité au temps de l'éruption.*) Mr. Rojas s'en rapporta, pour l'opinion que le Galeras aurait véritablement vomé de la lave, au témoignage des deux naturalistes qui étaient en ce moment à Pasto, et qui n'auraient pu atteindre le cratère même à cause des vapeurs et de la fumée qui s'en échappaient; or ils en rapportèrent au contraire de nombreux chargements de minéraux. C'est ce que Stübel confirme d'une certaine manière en disant (Globus 1869, p. 360) qu'ils ont dû, à cause d'un temps défavorable, revenir sans avoir accompli leur projet; tandis que Reiss affirme que pendant cette éruption la Caldera se serait remplie de lave (Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft 1872, p. 380).

Du reste il n'y a aucune objection théorique à admettre qu'encore maintenant il puisse sortir de la lave du plus haut volcan des Andes; c'est ce que j'exposai dans mes „Erinnerungen aus den Cordilleren über Vulkane und Erdbeben.“ (Die Natur. Halle 1877), destinés à expliquer la théorie du volcanisme.

Il manque cependant encore, pour ces volcans du haut plateau équatorial, la confirmation digne de foi d'une éruption de lave. On voit bien des coulées innombrables de trachytes de l'époque tertiaire; c'est ce que j'exprimai dans une première publication sur l'Ecuador, où je donnai aussi l'explication bien simple de la genèse des éruptions de boue et du „rejet de poissons“ par les volcans.

Sous l'action continue des vapeurs d'eau surchauffées et des violentes détonations se forment aussi parfois des crevasses et des fentes dans le cratère ou sur ses pentes, fentes qui offrent à l'intérieur du volcan des issues fugitives, et que des scories et des cendres viennent refermer plus tard. A Baños au pied nord-est du Tunguragua j'eus l'occasion de connaître les effets d'un pareil événement. Environ 70 ans avant mon arrivée s'étaient produits ici, avec un bruit et un roulement formidables, un mouvement et un soulèvement du sol, dans un ravin qui commençait au voisinage du cratère; pendant ce temps s'échauffaient des vapeurs chaudes et des gaz. Ce déchirement et ce soulèvement du sol commencèrent à la partie supérieure du ravin et se continuèrent du côté d'aval, qui était plus large. Une fertile vallée située en cette localité, plantée de cannes à sucre, et où se trouvait un moulin à cet usage, fut complètement détruite par la dislocation et le soulèvement du sol andésitique; cependant ce mouvement du sol, qui dura 4 à 6 semaines, de même que ce faible soulèvement, eurent lieu si lentement et avec tant de régularité, que les propriétaires de l'usine purent mettre tout leur outillage en lieu sûr. Voilà ce que me raconta le fils du propriétaire d'alors, établi maintenant à un quart d'heure de l'habitation précédente; il avait été déjà témoin oculaire de cet événement et en connaissait, par les récits de ses parents, toutes les particularités. Aucune éruption de lave n'avait alors été observée.

Lors de ma visite encore je constatai cette écoeurante dévastation, à l'endroit où autrefois avait murmuré un ruisseau fertilisant; elle était reconnaissable à l'accumulation en muraille, et presque sans végétation, de blocs arrondis, polis, d'un mètre et plus de volume, d'une andésite absolument compacte. Au premier moment je contemplais avec étonnement ce phénomène énigmatique, dont je ne m'expliquais pas la cause, jusqu'à ce que, peu après, je reçus les étonnants renseignements qui précèdent. Je ne pus découvrir aucune trace quelconque de scories volcaniques qui, parmi cet amoncellement de masses d'andésite compacte et ferme, auraient pu faire supposer une lave autrefois fluide, qui aurait agi comme moteur.**)

Un phénomène semblable se passa en novembre 1847 au Chili entre les volcans de Descabezado et de Cerro azul, de 1624 m. au-dessus de la mer; 35—45 hectares de prairies fertiles furent anéantis par l'élévation d'immenses blocs en un amas d'environ 100 m. de hauteur; cela se fit avec une suite de détonations

*) Même les auteurs récents confondent les pierres incandescentes rejetées par le volcan avec de la lave. Ainsi Felipe Perez dit dans la Jeografia jeneral etc. 1865 pag. 277: „La Sierra nevada de Santa Marta hizo su postrera eruption en 1565, lanzando, lava a mas de 20 miriámetros i oyéndose su detonacion a inmensas distancias.“

**) Déjà en 1856, à Vienne, je fis à la réunion des géologues allemands des communications sur le récit des habitants de cette vallée détruite si singulièrement; je les répétei en 1873: Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft. Wolf cependant, en 1875 (Leonhard, Neues Jahrbuch für Mineralogie etc.) tient cette catastrophe pour une coulée de lave ordinaire. En même temps il s'en rapporte à une lettre de Mr. le Dr. Stübel (Giebel, Zeitschrift für gesammte Naturwissenschaften 1873) au Président de la République, dans laquelle ce savant décrit un courant de lave du Pondo sur le Tunguragua qui, d'après son opinion, aurait coulé dans le siècle dernier, et un second qui serait parti du cratère terminal de ce volcan. Wolf identifie sans autre le barrage de blocs d'andésite que j'avais décrit avec une des coulées mentionnées par Stübel; et cependant celui-ci ne souffle pas un mot de la localité dont je parle, qu'il n'a probablement pas même vue.

formidables. Ici aussi Domeyko, qui se rendit sur les lieux deux années plus tard, ne remarqua ni cratère ni courant de lave.

Au Tunguragua le district voisin qui a échappé à cette destruction est constitué par une ancienne coulée de lave trachytique à surface presque horizontale, scoriacée et poreuse, et divisée irrégulièrement en prismes verticaux.

Probablement cette lave fut-elle crevassée lors d'un soulèvement ultérieur qui prépara le cours actuel du fleuve Pastaza, dont le lit est ici bordé de rives perpendiculaires de 10—12 m. de hauteur, entre lesquelles le ruisseau qui coule au-dessous des blocs d'andésite dont il est fait mention se dirige vers ce qui fut la plantation de cannes à sucre.

A différentes places s'échappent entre les amas de blocs d'andésite des vapeurs et des sources chaudes, qui contiennent soit du gaz sulphydrique, soit des sulfates et du sel gemme. Dans le voisinage du cours d'eau se dégage de ce barrage de débris une telle quantité d'acide carbonique, que les oiseaux et d'autres petits animaux en périssent. C'est un phénomène que j'observai aussi à l'Azufral, maintenant réduit à la faible activité d'une solfatare; je le vis là sur la hauteur occidentale, aux environs de la crevasse du Guacharo (p. 37). A diverses places le chlorure de sodium sublime avec les vapeurs d'eau et se dépose çà et là sur les blocs de rochers. Il en est de même pour un tuf volcanique du voisinage, où ce minéral est renfermé en telle quantité, que lorsque celui qu'on amène ordinairement de la côte de Sta. Elena vient à manquer, on peut l'exploiter en soumettant le tuf à un lavage; de même à Salinas sur les versants du Cotacachi, dans le voisinage d'Ibarra (p. 33).

Les éjaculations ordinaires de lave fluide, bombes et cendres n'ont pas eu lieu, ainsi que je l'ai dit, lors de cette éruption du Tunguragua.

Un peu plus au Nord on peut constater que cette couche de lave trachytique bornée par ce mur de blocs, dont elle fournit peut-être les matériaux, s'est déversée par dessus un lit de cailloux des schistes cristallins plutoniques ou volcaniques. Une source sulfureuse et ferrugineuse, de 54° 4' (la plus chaude de cette volcanique république de l'Ecuador) surgit à la limite de la lave et des dépôts de cailloux. La roche plutonique qui fut soulevée et pénétrée par le trachyte forme ici la rive occidentale du Pastaza. Alternant avec des cailloux de même nature, et des marnes, on trouve sur le côté nord du Tunguragua 3 couches d'andésite, d'une puissance de 3 à 6 m.

Dans l'année 1853 je pus voir quelles étaient les conséquences de la formation d'une pareille crevasse sur les flancs du Cotopaxi (6000 m. de hauteur environ). C'était dans la ville de La Tacunga (aussi Llacunga) qui en est éloignée de 6 milles; les habitants se crurent alors exposés au danger d'être engloutis eux et leurs habitations par les flots qui se précipitaient de la montagne. C'était le 14 septembre. Quinze jours auparavant avait commencé, après une longue période de tranquillité, une nouvelle éruption, et une crevasse d'environ 300 m. de longueur, descendant du cratère, en avait ouvert le manteau; il s'en échappait des torrents de gaz lumineux pendant la nuit. A cette époque je vis la moitié supérieure de la montagne couverte de neige et de glace. A des intervalles de temps déterminés, courts, je vis une colonne de feu, — semblable à celle de vapeurs et de cendres, de couleur gris-blanchâtre, qui s'élevait pendant le jour, — apparaître perpendiculairement au-dessus du cratère, puis s'enfoncer de nouveau peu à peu. Au moment où cette colonne verticale, lumineuse, eut atteint sa plus grande hauteur, une coulée lumineuse aussi commença à descendre du cratère, en serpentant, comme une langue de flamme, jusqu'à un point donné, apparaissant toujours à la même place du cratère et là, remontant vers celui-ci à mesure que la gerbe de flammes verticale paraissait s'y enfoncer de nouveau. Elle trahissait la crevasse qui, un peu plus béante vers le cratère serpentait sur ses flancs et dont les gaz surchauffés s'échappaient, ne pouvant plus passer par le cratère lui-même, empêchés qu'ils en étaient par la pression de la colonne de produits d'éruption qui pesait sur eux. Les deux phénomènes lumineux formaient probablement un tout solidaire, tout deux avaient la même couleur, tous deux étaient sans aucun doute de même nature; leur apparition et disparition étaient dépendantes l'une de l'autre et subordonnées à la même cause; la régularité avec laquelle tout ceci se passait donnait à cette lumière constante d'un rouge-jaunâtre, quelque chose d'uniforme, de mort. D'autres naturalistes, en d'autres occasions, ont pensé qu'un pareil phénomène lumineux n'était que le reflet de la surface d'une masse incandescente qui dans l'intérieur du cratère serait délivrée de temps en temps de sa croûte solidifiée. Contre cette manière de voir parlent plusieurs faits: le tourbillonnement progressif de la colonne de feu, et l'apparition tardive et comme il semblerait musante de la coulée lumineuse qui, descendant du cratère en s'élargissant et en serpentant, ne dépassait cependant jamais un point déterminé. Un pareil reflet devait se manifester au-dessus de toutes les ouvertures existantes; donc aussi au-dessus de la crevasse latérale, avec sa grande largeur et ses parois verticales; là aussi il aurait pu tour à tour éclairer l'atmosphère et disparaître, au cas où une lave

incandescente en fusion aurait brillé au-dessus de sa croûte en train de se refroidir, de se solidifier, et de se crevasser. D'un autre côté, dans ce cas d'une éruption de lave hors du cratère, la colonne lumineuse verticale, conjointement avec l'approche de la lave jusqu'au bord du cratère, se serait élargie vers le haut, c'est-à-dire, aurait pris la forme d'un cône renversé, jusqu'à ce que la lave eût commencé à se déverser sur un des côtés; rien de ceci n'arriva; et si un courant quelconque de lave avait été chassé du volcan par les gaz en éruption, il l'aurait été avant, et non après le tourbillonnement de ces gaz en colonne verticale; en outre un courant de lave se serait très vraisemblablement allongé et étendu pendant les semaines qu'auraient duré son éruption intermittente.*)

Les étincelles projetées du cratère dans l'atmosphère en décrivant de vastes arcs de cercle, en même temps que la colonne lumineuse est à son période le plus violent (c'est-à-dire au commencement); les masses de roches et de scories qui s'élancent dans toutes les directions et retombent sur le volcan; le roulement et les détonations qui accompagnent ces éruptions, et que l'on peut comparer au bruit d'un tonnerre lointain ou à celui d'une mer orageuse: tout cela reconnaît comme cause, ainsi que je l'ai dit, des gaz (vapeur d'eau) surchauffés. Probablement à l'état de bulles de gaz, se frayent-ils leur chemin, de la profondeur, à travers la cheminée du volcan fermée par la lave en fusion; ils rendent les roches incandescentes alors à leur passage dans les crevasses jusqu'à l'embouchure du cratère, en les décomposant et les érodant, et les entraînant avec soi, de même que les débris de croûte de lave qu'ils déchirent en chemin; alors aussi, accompagnés de tous ces débris incandescents qu'ils projettent de tous côtés comme des raquettes sur les flancs de la montagne, ils forment la colonne lumineuse, qui apparaît au paroxysme de l'éruption, pour s'obscurcir ensuite peu-à-peu, avec un bruit de tonnerre, par suite de son refroidissement progressif au contact de l'air atmosphérique.

La majesté déjà grande de ce phénomène était encore rehaussée par les éclairs et les coups de foudre qui sortaient d'un nuage sombre rassemblé au-dessus du cratère, par un temps absolument calme, et qui tiraient dessus.

Comme je l'ai déjà remarqué ce fut seulement après 15 jours de cette éruption que se produisit l'inondation de la vallée du Catuche, au pied ouest du Cotopaxi. Les habitants du village de Machachi furent réveillés, le 14 septembre, à 2 heures de la nuit, par un bruissement sifflant, probablement causé par le glissement subit de grandes masses de glace et de neige, qui depuis 14 jours avaient été imbibées et minées par l'eau; celle-ci était due naturellement à la fusion de la glace qui avoisinait la nouvelle crevasse du cratère et de la neige couverte de lapilli et de cendres incandescentes. Arrivées au pied de la montagne, dans des régions plus chaudes, ces masses trempées d'eau fondirent très rapidement et atteignent une heure plus tard la ville de La Tacunga, qui en est éloigné de 6 lieues. La rivière, qui en cet endroit a des rives plates, s'enfla jusqu'à 4 m. de hauteur et 60 de largeur, entraînant même jusque-là des blocs d'andésite d'un demi mètre cube de volume, qui, dans une eau de 8° de température étaient encore si brûlants, qu'on pouvait y allumer des corps inflammables (cigarettes, vêtements, etc.).

De semblables inondations des contrées situées au pied de volcans neigeux sont chose fréquentes dans les Cordillères; le peuple les considère comme des éruptions aqueuses, qui entraînent même des poissons de l'intérieur de la terre. Ces poissons qui descendent avec l'eau des neiges ne proviennent cependant pas de l'intérieur, mais des versants du volcan. Moi-même, au volcan de l'Azufral, je trouvai à la naissance des rigoles d'eau alors sèches et protégées par l'herbe, des silures ressemblant à des troisespines (*Pimelodus Cyclopum*) d'environ 1 dm. de longueur qui rampaient çà et là à l'aide de leur nageoires pectorales ossifiées acanthoïdes, probablement attendant les chûtes atmosphériques fréquentes dans cette région. Des poissons de même espèce ont été souvent entraînés, lors du dégel subit des neiges, par l'eau qui se précipitait alors du volcan, mélangée de la cendre volcanique déposée sur les flancs de la montagne.

Dans l'éruption du Cotopaxi que j'observai il ne fut pas question de poissons. Mais plusieurs personnes d'Ibarra me parlèrent d'un cas pareil arrivé à l'Imbabura (peut-être le même fait rapporté déjà par Humboldt) et qui aurait eu lieu sur une si grande échelle que la décomposition des poissons morts (*Preñadillas*, *Pimelodus*) auraient causé des fièvres dont seraient morts beaucoup d'habitants de la contrée. — L'Imbabura n'était pas en activité à l'époque où je le visitai; et son profond cratère, entouré de parois trachytiques noires déchiquetées, était dépourvu d'eau; son sommet n'atteint pas la limite des neiges; et de même, avant et pendant l'inondation de St. Antonio il ne doit pas avoir manifesté de phénomènes volcaniques. Le

*) Wolf (Leonhard, „Neues Jahrbuch 1878“) mentionne ces phénomènes, que j'ai décrits moi-même en détail déjà en 1856 (à Vienne) et en 1873 (*Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft*); il les cite comme une éruption d'un grand courant de lave! Comme je le faisais remarquer plus haut, pag. 39 il croit pouvoir expliquer par une éruption de lave chaque inondation occasionnée par un volcan.

lac de St. Antonio, situé au pied de la paroi ici presque perpendiculaire de l'Imbabura, contient toujours une grande quantité des petites Preñadillas (aliment des classes pauvres), et devait alors être sorti de son lit sur la campagne environnante. — Je conclus, après avoir pris bon nombre d'informations et de renseignements à St. Antonio même, que ce débordement avait été causé par la chute d'un bloc de rocher tombé dans le lac du sommet de l'Imbabura; la vague avait dévasté les champs circonvoisins, et les poissons laissés à sec dans la campagne avaient péri et causé les fièvres mortelles; de même l'humidité du sol en avait été un autre facteur. Une explication pareille de cette éruption de boue de l'Imbabura avec poissons, qui était devenue une vraie légende parmi le peuple, coïnciderait avec l'observation suivante que je fis en 1854, c'est-à-dire que le profond cratère en entonnoir de ce volcan ne contient pas trace de sable ni d'eau.

Si une sortie un peu considérable de cendre volcanique a occasionné une fusion de la glace, et que plus tard cette cendre ait été entraînée par les eaux, le peuple attribue tout de suite au volcan une éruption de boue. En 1803 par exemple une coulée de même nature, du Cotopaxi, dévasta la contrée environnante; un autre courant (moja) du Carguairazo ensevelit en 1797 les localités de Quéro et d'Igualata; enfin une coulée du Pasto engloutit, le 20 janvier 1834, la localité de Sebondoy, qui en est éloignée de 2 lieues. Cette activité volcanique fut accompagnée de tremblements de terre, qui, en 1797, convertit les villes de Riobamba et d'Hambato, en 1834 celle de Pasto, en un monceau de ruines.

Au pied occidental de l'Azufral affluent des porphyres et des schistes métamorphiques; plus au Nord, jusqu'au Patia, on trouve aussi des syénites et d'autres roches plutoniques; du reste je trouvai, au pied occidental des masses trachytiques, des roches stratifiées, telles que des grès grossiers, des conglomérats, des schistes argileux ou marneux que je tins pour tertiaires d'après leurs caractères pétrographiques, sans cependant y avoir trouvé de fossiles. Au village de Mallasquer sur le pied ouest du Chiles, je vis une colline courant Est-Ouest composée de ces mêmes roches, mais désagrégées, à la limite inférieure de l'Andésite. Je ne trouvai pas davantage, en Ecuador, de couche neptunique que j'aie pu classer avec sûreté, quoique ça et là, par exemple à l'Imbabura, les particularités pétrographiques des couches m'aient rappelé les argiles schisteuses et grès „que l'on trouve, dans les vallées du Patia et du Magdalena **superposées au Crétacé**“ (Profil IV).*) Sur le versant nord les couches sont verticales. Au versant ouest du Chimborazo, jusqu'aux environs d'Alausi, Wolf trouva des conglomérats et des schistes (Flysch) adossés au massif volcanique, et qu'il est porté à considérer comme crétacés. Des roches semblables recouvrent aussi le pied méridional de l'Azuay; à Salinas sur le Chimborazo, elles sont percées, à ce que dit Wolf, de roches volcaniques, et elles en sont directement recouvertes dans les régions supérieures du Corazon.

Peut-être ces couches ont-elles quelques relations avec celles que trouva Wolf au pied occidental des Cordillères, qui étaient du Crétacé entouré de dépôts étendus de Tertiaire et de Quaternaire; du moins il y suppose l'existence de ce terrain, car il vit en Guayaquil des fragments de roches analogues, dans lesquels il reconnut *Inoceramus plicatus* d'Orb., et *Inoceramus Roemeri* Krst. Cette série sédimentaire de la province de Guayaquil, qui en est la plus ancienne, forme une chaîne de hauteurs qui, de Guayaquil s'étend par Changon et à l'ouest par Juntas et Colonche jusqu'à la mer. D'autres petites collines crétacées s'élèvent encore au Nord de Guayaquil, sur le Rio Daule et le Rio Bodegas, des dépôts plus récents qui forment les plaines basses de la côte occidentale; moins développée est la série crétacée au Sud de Guayaquil jusqu'à la frontière sur la rivière du Tumbez.

Ce territoire crétacé de la côte occidentale est en plusieurs localités percé et disloqué par des roches éruptives (Dolérites, Grünsteine).

Sur la presqu'île de Sta. Elena à l'ouest de Guayaquil, Wolf trouva un petit volcan de boue, dont l'eau chargée d'hydrogène sulfuré comme beaucoup d'autres sources du voisinage, contient du chlorure de sodium et du pétrole et dépose de l'oxyde de fer hydraté. Cette source, et d'autres encore, fournissent du sel à presque toute la République. Sur toute la côte on trouve des restes de Mastodontes, qui sont aussi particulièrement abondants dans un grès à sel gemme et pétrole qui compose en grande partie l'étroite langue de terre qui s'avance dans la mer à l'Ouest de Sta. Elena.

Du reste, à ce que je vis du côté du Sud, de Quito jusqu'à Riobamba (1° 50 lat. S.), le plateau est constitué par des produits volcaniques de même nature, stratifiés, et des dépôts de cailloux plutoniques, tels que je les ai décrits plus haut à propos de Tuquerres. Wolf a observé une superposition de ces couches

*) Wolf paraît avoir mal compris cette assertion (Geognostische Verhältnisse etc. 1856, p. 97) quand il assure (Leonhard, Neues Jahrbuch 1875 p. 156) n'avoir pas pu découvrir le manteau crétacé que j'ai vu entourer l'Imbabura; dans ma lettre à vom Rath, (Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft 1873, vol. XXV), que Wolf cite, je n'ai du reste pas du tout parlé de l'Imbabura!

à Punin au Sud-Ouest et près de Riobamba dans la gorge de Chalong (2778 m.); ici un dépôt de tuf d'environ 60 m. de puissance repose sur des grès, des quartzites et des conglomérats siliceux; Wolf en trouva la couche inférieure pétrie d'ossements de mammifères qui appartiendraient, à ce que dit Wolf, à des espèces vivantes aussi bien qu'à des formes éteintes; Branco cependant ne se range pas à cette opinion, mais il en cite: *Equus Andium* Branco, *Protauchenia Reissi* Branco, *Cervus Chilensis* Gay (?), *Cervus Chimborazi* Wolf, *Machairodus neogaeus* Lund, *Mastodon Andium* Cuvier, comme espèces se trouvant parmi les débris recueillis.

D'autres ossements de gigantesques mammifères éteints furent découverts de même, à ce que l'on me dit, dans la contrée de Quito à Alangasi dans la vallée de Chillo et dans plusieurs autres endroits du plateau jusque sur les versants des volcans. M. Wagner en trouva à Sigun au pied oriental du Chimborazo, à la hauteur de 3342 mètres.

A Penipe, à l'Est de Riobamba, Wolf découvrit trois lits de charbon, intercalés dans des schistes primitifs foncés et à ce qu'il paraît sans fossiles; il suppose, pour plusieurs raisons pétrographiques, que ces charbons sont antérieurs à la période houillère. La question est de savoir cependant si ces schistes ne doivent pas leurs caractères actuels au métamorphisme de dépôts plus récents. Codazzi vit au Ruiz des houilles enclavées dans du trachyte (p. 31); en outre, tous les charbons et tous les asphaltes que je constatai en Colombie — et qui sont surtout fréquents dans la partie septentrionale — appartiennent aux séries tertiaire et crétacée.

Sur les versants occidentaux du Condurasto (à l'Est de Riobamba) qui renferment de riches filons d'argent, affleure de même de la houille, d'après Villavicencio. Des lits de sel gemme et des sources salées se trouvent aussi sur les versants orientaux du Papallacta, à l'Est de Quito, dans le voisinage du Llanganate (Cerro hermoso) dont il fut question plus haut.

Dans la plaine qui borde le pied oriental des Cordillères s'élèvent des groupes isolés de basses collines granitiques qui appartiennent, à ce qu'il paraît, au système des montagnes du Parima. Elles surgissent des alluvions qui couvrent les plaines et qui, d'après Villavicencio, renferment de la poudre d'or et de platine jusqu'à 35 lieues de distance de la Cordillère; les paillettes et pépites de ces métaux diminuent constamment de grosseur à mesure qu'on s'éloigne des montagnes. Plus à l'Est, dans la contrée de Macas (2° 30' lat. Sud., 78° 10' long. occid.) surgissent des sources salines, dont les Indiens Ivaros, qui peuplent ces plaines encore inconnues, extraient du sel par évaporation (cuisson); ils en font un commerce d'échange. De pareilles sources salines se trouvent aussi dans les plaines du Caqueta, de Putumayo et de Napo, par exemple à Macoa (0° 50' lat. n., 76° 20' long. occid.), où des cristaux de gypse affleurent aussi dans les marnes, dans beaucoup de localités.

Cette présence de la houille, du sel gemme et du gypse sur tout le versant oriental des Cordillères de l'Ecuador, dans des contrées qui, dans la Nouvelle-Grenade, appartiennent au Tertiaire et au Crétacé — cette présence, dis-je, laisse supposer que ces régions de l'Ecuador sont au point de vue géognostique une continuation de ces terrains que l'on observe au Nord dans la Nouvelle-Grenade, au Sud au Pérou.

Au Sud de l'Azuay apparaissent de nouveau deux Cordillères séparées, dont l'occidentale, la plus rapprochée de ce dernier volcan, est d'après Wolf constituée par du porphyre au Nord, mais plus au Sud, comme celle de l'Est, par des schistes cristallins et des roches syénitiques. Plus au Sud encore, dans la province de Loja, toutes les deux sont composées de schistes cristallins et de granite, celui-ci en partie avec un feldspath couleur chair ou rougeâtre. Dans la vallée formée par ces deux Cordillères affleurent plusieurs formations volcaniques qui recouvrent les porphyres et les schistes cristallins; ainsi par exemple au Sud de l'Azuay (dont le cône trachytique est formé de porphyre à la partie supérieure, à ce que dit Schmarda), jusqu'au Rio Cañar, affleurent des tufs et des conglomérats andésitiques, traversés de filons et de coulées de lave de cette roche. — Un second dépôt volcanique de même aspect est décrit par Wolf des vallées de Galateo et de Paute; dans cette dernière vallée affleure près d'Azogues un grès qui atteint jusqu'à 600 m. de puissance et qui contient du bitume, de l'asphalte, du charbon et même un banc d'opale d'un m. d'épaisseur. Ce grès d'Azogues, qui selon Wolf appartient peut-être à la période crétacée, plonge à l'Ouest de 45 à 80 degrés; il est recouvert de masses volcaniques et, au Nord du Paute, traversé de veines d'andésite. Dans ce grès existent d'anciennes carrières d'où l'on a peut-être tiré des matériaux de construction. Wolf les tint, mais probablement par erreur, pour des galeries abandonnées d'une mine qu'on aurait ouverte pour la recherche du mercure, qu'on a exploité en masse ici à Azogues, comme le nom l'indique. Le mercure n'affleure probablement pas dans le grès, mais, comme en Vénézuëla et dans la Nouvelle-Grenade, dans la marne qui

l'accompagne.* Une formation volcanique encore plus méridionale, dans le bassin du Rio Leon est formée principalement de tufs et de conglomérats; je n'y ai point observé de trachytes.

A Loja, situé à 2220 m. d'altitude de même que plus au Sud à Vilcabamba Wolf trouva aux sources du Catamayo des dépôts d'eau douce tertiaires dont les couches fortement disloquées, presque verticales, lui fournirent la preuve de la jeunesse du soulèvement des Andes, comme je l'exposai déjà en 1856. Cette formation d'eau douce est formée soit par des schistes argileux à feuille de Dicotylédones, et passant à des schistes calcaires ou quartzeux, soit par des conglomérats et des couches de sable.

Aux frontières du Pérou affleurent de nouveau les calcaires; c'est probablement la continuation de ceux qu'Humboldt observa à Montan, St. Felipe et Guanbos dans le bassin du Guancabamba (environ 6° lat. S.) et dont il rapporta des fossiles que L. de Buch reconnut pour crétacés et publia en 1839 dans l'ouvrage cité plus haut.

Si nous comparons la nature et les conditions de gisement des couches sédimentaires des Cordillères occidentales avec celles des dépôts de même ordre de Vénézuéla, nous trouvons que celles-là ne sont en général qu'une continuation des dernières.

Dans tout le territoire exploré jusqu'ici nous ne trouvons aucune trace de la série paléozoïque; les vieilles dénominations de „Vieux grès rouge“, et de „Carbonifère“ reposent sur des déterminations fausses faites d'après des analogies de la roche; en effet le charbon et le grès rouge, dans la Colombie de Bolivar, appartiennent à la série la plus récente, c'est-à-dire au Crétacé supérieur ou au Tertiaire.

De la série mésozoïque nous n'observâmes que le terrain le plus jeune, le Crétacé, qui occupât une étendue un peu considérable. De la série précédente, le Jurassique, on n'en trouva jusqu'à maintenant que des indices sur un point unique très limité de la Nouvelle-Grenade dans le Magdalena supérieur (p. 30). Ces traces appartiennent au Jurassique inférieur ou Lias et elles laisseraient supposer que les étages supérieurs de ce terrain, qui touchent au Crétacé, seront aussi découverts une fois. Le Trias ne fut pas plus constaté en Colombie que le Carbonifère et le Dévonique.

Des études ultérieures consciencieuses devront vérifier si ces terrains anciens ne se sont vraiment pas déposés dans cette contrée; ou ce, qui est plus probable, s'ils y étaient représentés mais ont été rendus méconnaissables par l'action des agents plutoniques, et métamorphosés en schistes cristallins.

Les dépôts sédimentaires de toute la région explorée et décrite jusqu'à maintenant appartiennent donc presque sans exception au Crétacé, au Tertiaire et au Quaternaire; les puissantes couches calcaires de Cumana et de Trujillo, contenant soit des Céphalopodes du Néocomien, soit des Gastéropodes et des Foraminifères du Gault se retrouvent dans les Cordillères de la Nouvelle-Grenade avec la même puissance et avec une richesse fossilifère si possible encore plus grande, en ce que les Céphalopodes du Gault viennent s'y ajouter; par contre il est vrai que les Rudistes restent limités au Nord-Est. Le grès qui surmonte en couches puissantes les calcaires de Cumana et affleure aussi dans les montagnes de Trujillo, apparaît dans les massifs de la Nouvelle-Grenade dans des conditions semblables, quoique sur une échelle plus grande; de même l'argile et la marne, qui affleurent surtout dans les monts de Merida avec une grande puissance forment dans la Nouvelle-Grenade des montagnes et des systèmes entiers de massifs, dans les mêmes dimensions que ceux de Lobatera, Quiniqua et St. Cristobal en Vénézuéla.

La plus ancienne de toutes les couches sédimentaires est formée par une marne sableuse d'un brun-clair ou d'un rouge-jaunâtre, à stratification confuse; elle a souvent une grande puissance, et dans les couches supérieures enferme quelquefois des lits de calcaire bleu ou foncé, auxquels elle fait complètement place vers le haut. Parfois une marne rouge-brun semblable contient des paillettes de mica ou des fragments de schiste micacé, par exemple à Guaduas et à Bucaramanga; cette marne appartient dès lors probablement à une époque plus récente que celle qui, très pauvre en général en restes organiques, sans mica, plus ferme, apparaît au contact de roches plutoniques plus foncée, siliceuse, dure, et contient des cristaux de feldspath. Cette marne sans mica, qui repose dans les lits inférieurs, se trouve dans toute la chaîne orientale de même que sur plusieurs points des chaînes centrale et occidentale, par exemple à Urumita au pied sud du massif de Santa Marta, de même qu'à Caqueza près de Bogota, au versant est des Cordillères; elle renferme l'Ammonites Santafecinus d'Orb., Am. Noeggeratii Krst., Am. Boussingaultii d'Orb., Ptychoceras Humboldtianus Krst., Crio-

*) Schmarda aussi mentionne ce mercure d'Azogues que, d'après Villavicencio, on exploite encore maintenant dans la ville comme au dehors. Selon cet auteur, le mercure métallique apparaît aussi à Loja et à Zuruma, au Nord de la première ville (3° 56' lat. Sud). Il est singulier que Codazzi ne mentionne pas la présence de ce métal à l'état natif dans les deux républiques qu'il décrit: la Nouvelle Grenade et Vénézuéla.

ceras Duvalii Lev. var. undulata Krst. qui font paralléliser ce groupe avec le Néocomien d'Europe. A Cumana, dans une marne jaune rougeâtre et dans le schiste calcaire noir qui la surmonte, on trouve des restes de Bélemnites, qui apparaissent aussi sur le versant septentrional du massif de Santa Marta sur la rivière Palomino et très probablement aussi dans le calcaire bleu-foncé qui, à Molino, au pied sud de ce massif, recouvre cette marne brun-rougeâtre.

Cette marne atteint à Zapatoa au Sud de Bucaramanga une puissance d'environ 300 m.; elle supporte une autre couche tout aussi puissante d'un grès rouge-jaunâtre, quartzeux, lequel est surmonté à son tour par les chistes argileux et les calcaires du Gault, riches en restes organiques, et que recouvrent les lits de cailloux et les conglomérats provenant de ces mêmes couches.

Nombreux sont dans cette roche des filons de galène cuprifère et argentifère; d'une richesse particulière est la roche qui affleure au versant méridional du massif de Santa Marta; elle renferme de la Malachite, de la Pyrite de Cuivre et du Cuivre natif.

Un peu plus au Sud, sur le cours moyen du Magdalena, dans la Cordillère orientale, ces couches du Crétacé inférieur atteignent leur plus beau développement, ici se déroule avec une clarté magnifique toute l'histoire génétique de ce pays devant les yeux du géologue; c'est ici que les terrains postérieurs sont représentés de la manière la plus complète; partant d'ici il est alors facile de reconnaître et de paralléliser les affleurements d'étages souvent isolés que l'on trouve dans d'autres régions.

La marne brune que je viens de décrire se relève çà et là dans cette chaîne de Bogota, de Pamplona à Neiva sur le col oriental jusqu'aux plus hauts sommets; sur elle repose le système, de 1000 m. de puissance, des époques crétacées suivantes, représentées à leur partie inférieure par des alternances d'un calcaire foncé, noir, dur et des schistes argileux d'une faible puissance (Néocomien) et à leur partie supérieure par des calcaires bleu-clair, souvent très puissants, (Gault) dont j'ai indiqué les fossiles pages 26 à 30.

Ce sont en partie les mêmes formes, en partie des espèces analogues que l'on trouve dans le Crétacé inférieur de Vénézuéla à Barbacoas près de Tucujó, à Ortiz au Sud de Caracas, et dans les monts de Cumana (voir p. 18).

Dans la chaîne centrale on trouve à Inza au-dessus de La Plata au pied du Guanacas, entre des Andésites en prismes basaltiques, soulevé et en partie décomposé par celle-ci un calcaire noir presque grenu, renfermant beaucoup d'espèces fossiles: plusieurs espèces d'Inoceramus (plicatus d'Orb., Roemeri Krst.), puis Baculites granatensis Krst. et B. Maldonadi Krst., puis l'Ammonites Leonhardianus Krst. qui se retrouve aussi à Barbacoas de Tucujó. Ces espèces nous démontrent que l'âge de ces dépôts correspond à l'époque de ceux de Bogota.

Pas très loin de cette localité, quelques heures à l'Est d'Inza, Stübel recueillit dans la vallée du Magdalena deux Ammonites appartenant au Jurassique (voir p. 30 du présent ouvrage).

Au pied nord du massif d'Antioquien se trouvent des complexes de calcaires et de schistes argileux qui dans leurs circonstances de gisement rappellent tout à fait ceux décrits plus haut, que l'on observe sous la même latitude dans la chaîne parallèle de Bogota; mais leur texture, sous l'influence des veines aurifères qui les traversent dans les directions les plus diverses, est tellement altérée, qu'on ne peut que difficilement y reconnaître de formes organiques pouvant servir de points de repère pour en déterminer l'âge; on peut cependant espérer, à cause des couches plus récentes qui les surmontent, que des recherches persévérantes, par exemple dans la contrée de Saragosa, feront encore découvrir des couches qui permettront d'y reconnaître les fossiles crétacés qu'elles contiennent.

Dans les environs du lac de Maracaybo, près de Perija au pied est du massif d'Ocaña se trouvent de puissantes couches d'asphalte entre des bancs d'un calcaire dont les Inocerames et les Ammonites en font l'analogue de ceux de Socorro et de La Plata; il affleure aussi sur la rive nord du lac de Maracaybo dans l'île de St. Carlos de même qu'au Sud de celle-ci dans la contrée de St. Cristobal et de Bottijoque, où les sources de pétrole proviennent probablement aussi de lits d'asphalte.

Dans la Cordillère occidentale que limitent la rive gauche du Cauca et la rive droite du Patia qui coule au Sud on ne reconnut plus les fossiles du Crétacé inférieur; mais la structure et la disposition des couches, qui sont recouvertes par le Crétacé supérieur, et traversées, altérées par des veines de quartz riches en or et en platine, tout cela rend très vraisemblable l'hypothèse qu'elles appartiennent bien à cette époque.

Tandis que, à la base du Crétacé inférieur les marnes et argiles prédominaient, le premier rang, à la partie moyenne de cette division, est dévolu aux calcaires, et à la partie supérieure ce sont les grès qui l'emportent.

Ce grès, qui çà et là alterne avec d'épaisses couches de schiste siliceux et renferme aussi de minces bancs de schiste argileux la plupart du temps de couleur claire, a un grain fin, une couleur blanche, parfois aussi légèrement jaunâtre; il est quartzeux et divisé en couches épaisses de plusieurs pieds. Les schistes siliceux qui alternent avec le grès sont presque toujours jaunâtres, très rarement foncés et alors leurs caractères physiques, il est vrai, les rapprochent de ceux du Crétacé inférieur gisant immédiatement au-dessous; cependant les restes organiques aident à les en distinguer facilement: tandis que ceux du Crétacé inférieur renferment spécialement des Inocérames, ceux-ci se distinguent par la grande quantité de Polythalamies qu'ils renferment fréquemment, de coquilles d'*Orbitolina*, *Robulina*, *Nodosaria* et espèces semblables; en outre on trouve dans les calcaires qui accompagnent ces grès des coquilles de Rudistes, de Bivalves: *Lucina*, *Cardium*, *Pecten*, *Ostrea*, *Exogyra Boussingaultii* d'Orb., et des Echinodermes: *Ananchytes ovata* Lam., *Micraster cor-anguinum*, Goldf., *Discoidea excentrica* d'Orb., *Echinus Bolivarii* d'Orb., *Enallaster Karsteni* de Lorient, *Galerites* sp., etc. Dans le grès aussi on trouve des coquilles de Gastéropodes, de Bivalves, des restes de poissons et, à ce qu'il semble, des Rudistes; j'y trouvai même un reste d'*Ammonites* (peut-être *Am. Roissyanus* d'Orb.) trop mauvais pour être déterminé avec certitude.

Ce groupe de roches siliceuses, dont la puissance peut être évaluée en moyenne à environ 1000 m., forme le plus souvent les plus hauts sommets de la chaîne orientale; le Paramo de Chita de près de 6000 m., et couvert de neige éternelle, le Chingasa, le Paramo de Suma Paz, sont formés par ce grès et ces schistes siliceux.

Dans la chaîne occidentale qui sépare les bassins du Patia et du Cauca supérieur de l'Océan pacifique affleurent aussi ces grès, schistes siliceux et calcaires à Polythalamies sur une grande puissance; ils y sont, de même que leur substratum, traversés par des veines calcaires aurifères, par exemple à Vijes près de Cali et Buga.

Ce complexe de couches à Polythalamies doit être probablement parallélisé avec le Quader supérieur et le Pläner de Saxe, auxquels il ressemble par ses caractères extérieurs; il y correspond aussi par ses relations paléontologiques, quoique les formes caractéristiques des classes d'animaux supérieures y soient encore à découvrir. Il est recouvert en stratification discordante par un grès micacé, blanc ou jaunâtre, plus ou moins grossier, puis par des quartzites et des marnes bigarrées, de même que par des schistes argileux, qui enferment des bancs d'un lignite-jais pur, d'environ 3 m. d'épaisseur et alternent avec lui en minces couches.

Ce dernier groupe, qui se distingue par sa pauvreté en fossiles, se trouve développé dans les parties supérieures; la puissance en est alors peu considérable; il n'en est pas de même dans les basses régions, où il devient toujours plus puissant et plus important, pour affleurer, dans les vallées du Magdalena, du Cauca et du Patia, à l'exclusion de presque tout le reste; cependant, selon la contrée, il est tantôt représenté plutôt par des conglomérats, tantôt par des grès, tantôt par des argiles; celles-ci, la plupart du temps bigarrées, micacées, contiennent souvent des cailloux et passent à des poudingues. Les conglomérats sont formés de cailloux de la grosseur du poing, ou plus petits, d'un schiste siliceux ou d'un quartzite qui appartiennent au groupe à Foraminifères et sont reliés par un ciment quartzeux.* Dans quelques contrées du Magdalena ce complexe est superposé aux marnes citées plus haut, rouge-brun, sableuses, à paillettes de mica; celle-ci doit encore être étudiée au point de vue de savoir si elle appartient encore au Crétacé ou si elle forme le membre le plus inférieur de la série tertiaire; cette dernière hypothèse me semble la plus vraisemblable, car les conglomérats tertiaires reposent immédiatement sur cette marne massive; de plus les marnes crétacées ne renferment point de mica, elles sont plus fermes et distinctement stratifiées, et renferment dans leur partie supérieure de minces lits calcaires. Dans le voisinage de cette marne, du pétrole jaillit du conglomérat: ainsi dans le pays de Mendez: près de la plantation de St. Antonio près de Guaduas, de même dans le Magdalena supérieur non loin de La Plata sur la rivière du Paez, et d'après Humboldt, à Cojetambo près Cuenca, où il sort du grès rouge peut-être synchronique avec le conglomérat et le grès rougeâtre du Magdalena, tandis que l'asphalte de Tintini près Maracaybo forme des lits dans le calcaire crétacé.

Rares sont les calcaires dans cette série tertiaire; je n'y ai point observé de fossiles dans le Magdalena supérieur. Près de Popayan je trouvai, adossées à un porphyre, de faibles couches de schiste argileux et de calcaire, qui renfermaient des coquilles de mollusques tertiaires (*Gastéropodes*, *Cardium*, et la *Rostellaria Gaudichaudi* d'Orb.), très semblables à celles du monde actuel. Sur la côte occidentale Codazzi observa le

*) Dans un caillou de ces conglomérats, qui affleurent dans l'Alto del Serjento et le chaînon qui s'y rattache à l'Ouest de Guaduas (ils sont formés de débris de roches qui sont en place à l'Est au Palmar et à l'Alto del Trigo, Profil V) je trouvai une grande quantité de formes diverses de Robulines, Textulines et autres Foraminifères.

Tertiaire, surtout dans sa partie septentrionale, où, à l'ouest de l'Atrato, du 5° au 8° lat. N., le chaînon de Baudó s'élève à une hauteur moyenne de 300 m., et se réunit au Nord avec la chaîne plutonique de l'Isthme de Panama.

Quant à ces ossements gigantesques de mammifères éteints, je les vis en Colombie constamment dans une marne sableuse rouge qui recouvre le Tertiaire; en Ecuador cependant, où on ne les trouve pas seulement dans les plaines basses, mais aussi sur les plateaux et les versants des cônes trachytiques des volcans, ils gisent en partie dans un tuf volcanique extérieurement très semblable à cette marne. Ces ossements ont dans ce pays une grande répartition; j'en observai dans le massif de Cumana, à St. Juan de los Morros, à St. José de Cucuta; dans ces deux dernières localités gisaient des squelettes encore entiers, et à Cucuta plusieurs ensemble. De plus j'en vis à Barbacoas de Tucujó et au Nord de là à Carora; et on en trouve aussi sur la presqu'île de Paraguaná. Sur le Magdalena inférieur on en trouve en grande quantité à El Plato; sur le cours moyen du Cauca, de même au Nord de Medellín on les trouve dispersés dans les plaines de Cundinamarca, par ex. à Soata, Cobarachia (au Chicamocha), à Lagunaverde (Cocui) à 3650 m. d'altitude; à Soacha près de Bogota Humboldt recueillit une dent de *Mastodon angustidens*. Pour moi je ne fis plus tard aucune attention aux indications de gisements que me donnaient les habitants de Colombie pour ces „squelettes de géants“; toutes les peines que je pris pour en déterrer quelques-uns des mieux conservés, dans un but scientifique, furent rendues vaines par la fragilité des ossements; je ne dressai pas même de liste exacte de ces localités, tant elles étaient nombreuses, de sorte que je ne puis malheureusement donner maintenant qu'une partie de celles que j'ai connues. — Ces mammifères furent probablement engloutis par la mer miocène, qui envahit leur demeure, l'archipel équatorial, au temps de l'éruption des trachytes, et les ensevelit sur le nouveau continent, dans le Diluvium et les déjections volcaniques.

Les brèches coquillières qui affluent par places sur toute la côte nord paraissent être encore plus jeunes, par exemple celles de Cartajena et celles des collines de Turbaco; il en est de même des dépôts de faible puissance qui s'étalent au pied nord du massif neigeux de Santa Marta, à Coro, Pt. Cabello, La Guayra, Cumana, etc., et renferment de nombreuses espèces de ces mollusques (v. p. 9). Des études plus exactes de ces fossiles décideront si les roches coquillières jaunes, argilo-calcaires, qui à Cimiti, au Nord de Mompox, recouvrent les schistes argileux foncés du Crétacé, appartiennent à cette époque tout à fait récente ou à une autre plus ancienne (Senonien? voir p. 29).

Ces dépôts tertiaires sont puissamment développés dans les grandes vallées de la Nouvelle Grenade, qui toutes sont des vallées de fracture.

Dans le plateau volcanique situé entre Tuquerres et Ibarra, au pied des volcans de Cumbal et de Chiles, j'observai, dans un quartzite lité entre des couches de cailloux et de cendre pumicitique, des coquilles cythériformes, presque à deux chambres, très abondantes, la *Cyclopaea Rumichacae* (pl. VI. f. 2), outre des Foraminifères; restes peu nombreux des animaux qui peuplaient la mer tertiaire de l'archipel volcanique.

Si les dépôts tertiaires de cendre trachytique, les lits de cailloux sans fossiles et les conglomérats qui s'appuient aux couches crétacées ont la même direction et le même plongement que celles-ci, il ne sera possible que par une étude très exacte de leurs dispositions et de leur nature pétrographique de se convaincre de leur différence spécifique; on trouve que les sables et cailloux tertiaires, sans fossiles, micacés, ne sont qu'adossés au Crétacé ou, comme près de Pacho, de Muzo, Cipaquirá, Facatativa, les recouvrent en discordance. Leur direction est de même moins à l'Est, plus au Nord que celle du Crétacé adjacent, ce qui appuie l'idée que leurs soulèvements respectifs appartiennent à des époques différentes.

Si l'on tient compte du soulèvement des couches crétacées qu'on a observé en d'autres endroits de la même chaîne (à Popayan et La Plata) et du fait que celles des chaînes voisines (à Chipaque près Bogota, et à Vijes au pays de Cali) sont traversées par des veines aurifères et argentifères, on est tenté de supposer que la formation ou la percée de ces filons appartient à la même époque que le soulèvement des couches, que cette époque se place à la fin de la période crétacée et qu'alors, ce fut la Cordillère centrale d'Antioquia qui fut soulevée le plus haut au-dessus de la mer, car les couches tertiaires n'en recouvrent les versants, le plus souvent, que jusqu'à une hauteur de 1500 m., tandis que les deux Cordillères latérales, parallèles, en sont recouvertes en beaucoup d'endroits jusqu'à 3000 m.; c'est un indice que lors de ce premier soulèvement elles restèrent encore presque entièrement sous l'eau, et que leurs plus hauts sommets seulement formaient une rangée d'îles au-dessus de la mer.

Dans la contrée de Mariquita, au Nord-Est des Nevado's trachytiques de Ruiz et de Tolima, on trouve le Tertiaire recouvert de puissants lits de cailloux et de sable, en majeure partie volcaniques, renfermant aussi cependant des cailloux de roches plutoniques ou métamorphiques, outre les andésites, pierres-ponces, bois carbonisés qui sont enfouis dans la cendre volcanique; ces couches remplissent cette vallée sur

une étendue de plus de 20 milles carrés; elle est maintenant sillonnée par le Magdalena; d'autres cours d'eau la parcoururent aussi de l'Ouest à l'Est, qui emmenèrent la cendre et le petit cailloutis, laissant les plus gros blocs; ceux-ci maintenant se retrouvent dans les vallées latérales que ces torrents creusèrent, isolant les mesas comme plateaux élevés, étroits et à bords escarpés.

Dans les vallées du Cauca et du Magdalena, au pied du Nevado Barragan (4930 m.), qui n'est pas connu comme volcan actif, des couches semblables de produits volcaniques, surtout de cendre pumicitique et de débris de trachyte recouvrent les marnes, les cailloux et les sables récents, de sorte qu'ici comme dans le bassin du Patia et sur le plateau équatorial la disposition des couches nous montre que l'époque volcanique est postérieure au tertiaire et coïncide probablement avec le soulèvement de ces dernières couches. Sous l'équateur ce soulèvement porta les couches à Polythalamies et à Lophyropodes, qui dans l'archipel tertiaire s'étaient formées entre les tufs et les cailloux, jusqu'à une hauteur de 3000 m.; plus au Nord le Tertiaire de cette Cordillère centrale se soulevait à 1500 m., et était recouvert d'amas de débris trachytiques.

Le Crétacé supérieur proprement dit, la craie blanche de Meudon, n'a pas été observé en Colombie; peut-être est-il représenté, uni au Quader supérieur, par les schistes siliceux et calcaires souvent riches en Polythalamies; mais, comme je l'ai déjà fait remarquer, les fossiles découverts jusqu'à maintenant ne suffisent pas à le démontrer, car les Polythalamies peuvent appartenir au Gault aussi bien qu'au Turonien ou au Senonien. A Velez (5° 54' lat. N., 74° 26' long. occid.) j'observai une superposition discordante de ces schistes à Polythalamies aux couches à Céphalopodes du Crétacé inférieur.

La direction du complexe tertiaire sans fossiles, en lits minces, peu consistant, et caractérisé par les sables verts et les conglomérats, lequel acquiert dans les vallées du Patia et du Magdalena un développement tout particulier, cette direction est en moyenne N.-S.; celle du crétacé en général du W.S.W. au E.N.E. Cette discordance de stratification de même que le fait que le tertiaire ne fait que s'adosser au Crétacé, démontrent suffisamment qu'il y eut deux époques de soulèvement différentes.

La direction des masses de couches soulevées primitivement au-dessus de la mer était Nord-Sud dans le Sud; plus au Nord-Est, elle était N.-E. Ce soulèvement affecta aussi bien les deux chaînes latérales, où nous reconnaissons encore maintenant les roches crétacées non altérées, que surtout la chaîne centrale, qui atteignit au Nord de l'Equateur son point culminant, probablement déjà alors de 3000—4000 m. En même temps les forces plutoniques semblent avoir plus ou moins, quelquefois même totalement métamorphosé les dépôts sédimentaires, transformé les calcaires en marbre, les argiles en schistes chlorités ou micacés, les grès en quartzites; elles auraient occasionné les éruptions de porphyre, de granite, de syénite. etc., qui, surtout dans la Cordillère occidentale, riche en porphyre, en forment le noyau et sont traversés de veines quartzieuses à métaux nobles.

A cette époque les deux chaînes qui accompagnent la Cordillère centrale, celle de l'Est et celle de l'Ouest restèrent en général au-dessus du niveau de la mer, entourant comme d'un récif longitudinal la terre ferme du centre, et seulement l'orientale augmentait en hauteur et en étendue vers le Nord, en déviant à l'Est. Sur ce bras oriental de la Cordillère orientale, qui maintenant forme le massif de Merida on commence par trouver (à Pamplona 73° long. occid., 7° 15' lat. N.) les couches tertiaires soulevées à une hauteur considérable (2300 m.). Plus à l'Est leur limite supérieure tombe cependant toujours plus bas.

De même, sur les versants des chaînes littorales de Santa Marta et de Caracas, courant E.-W., le Tertiaire ne s'élève que de peu de mètres, surtout sur leurs côtés nord (voir p. 12) tandis qu'il monte un peu plus haut sur leur côté sud (à environ 100 m.).

Le profond bras de mer qui séparait cette série d'îlots et les entourait, fut comblé de couches de sables et d'argiles, et de cailloux de roches siliceuses que les courants marins arrachaient aux versants des couches redressées, en entraînant les marnes et grès plus fins, micacés, qu'ils déposaient dans les golfes peu profonds ou à une distance plus grande de leur lieu d'origine; en même temps les substances végétales flottant sur la mer se déposaient dans les eaux plus tranquilles et formaient plus tard les lits de charbons que l'on trouve maintenant souvent au-dessus du Crétacé, enfermés dans des marnes bigarrées et des grès récents.

Dans la direction de cette ancienne série d'îlots du S.W. au N.E. se trouvent en outre, outre les lits de charbon, les dépôts de sel les plus importants du massif de Bogota (v. p. 28).

D'après ce qui précède nous distinguons, dans la région étudiée, 5 périodes de création certaines, dont la plus inférieure, celle du Jurassique, n'a été reconnue que récemment en un point de la Nouvelle Grenade (v. p. 30) tandis que la période postérieure, celle du Crétacé ancien, affleure dans les montagnes de toute cette contrée et se distingue par une grande diversité de Céphalopodes; elle se laisse peut-être aussi diviser en 2 sous-divisions, par la présence des Bélemnites, du Ptychoceras Humboldtianus Krst., de l'Ammonites

Noeggerathii Krst., *Am. Rothii* Krst., *Am. santafecinus* d'Orb., *Am. Boussingaultii* d'Orb., *Hamites Arboledae* Krst., dans les couches inférieures, principalement marneuses. La 3^e série, celle du Crétacé supérieur, caractérisée par les puissants dépôts de calcaire, grès, et schistes siliceux, se reconnaît, au point de vue paléontologique, à la grande quantité de *Rudistes* qui apparaissent à l'Est et au *Polythalamies* très répandues dans le centre et l'Ouest.

La 4^e série, la Tertiaire, est caractérisée par la fréquence d'ossements de vertébrés et la présence de cailloux et de puissants conglomérats formés aux dépens des schistes siliceux des périodes plus anciennes et par la grande extension des marnes micacées et des lapilli et cendre trachytiques; le 5^e groupe, le Quaternaire, est constitué par des terrains de remblai, graviers et lits de cailloux, et par des brèches coquillières sur les côtes de la mer; les coquilles appartiennent à des espèces encore vivantes.

Quelques constatations de discordances dans la disposition respective de ces cinq séries montrent qu'elles correspondent aussi à des époques de soulèvement distinctes (voir p. 27, 33, 48, 49, 50) et la répartition géographique du Quaternaire nous apprend de la manière la plus évidente, même en l'absence d'une discordance bien nette avec le Tertiaire (à l'exception des environs de St. Pablo sur le Magdalena inférieur, où les discordances observées appartiennent peut-être à notre cas), nous apprend, dis-je, que ces deux divisions furent soulevées à des époques différentes.

La dernière série, le Quaternaire, a une faible extension; quelques régions légèrement soulevées de la côte lui appartiennent. L'époque précédente, celle du Tertiaire, est de beaucoup la plus répandue: presque tout le territoire des vastes plaines de l'Orénoque et sans doute la plus grande partie de celles des Amazones y sont comprises; les plus hautes sommités du continent actuel datent de cette époque.

Les terrains plus anciens, celui du Crétacé, dans lequel des recherches ultérieures démontrent encore la présence de plusieurs étages différents, formaient dans la mer tertiaire des îles allongées, alignées au Nord-Est, et dont la plus orientale formait le massif actuel de Cumana; une autre île de la série orientale avait son point culminant dans le massif actuel de Merida; l'île occidentale entourée au sud d'un archipel d'îlots volcaniques était parcourue par des chaînes de montagnes riches en filons d'or et de platine.

Il est remarquable que les versants les plus abrupts du territoire crétacé, qui court lui-même presque en arc-de-cercle au Nord-Ouest, soient tournés principalement contre le massif de Guayana, dont les dômes arrondis de roches granitiques, autant que je le sache, surgissent des plaines tertiaires comme des îles hors de l'Océan. Les couches tertiaires au contraire, là où elles sont soulevées en massifs, ou bien recouvrent les versants des chaînes de montagne, ou forment des vallées de fracture (comme dans le Magdalena et le Cauca) et la tranche de leurs couches regarde la vallée.

Le massif de Guayana paraît être le centre des différents Cordillères appartenant à la Colombie; centre dont dépend la direction de toutes ces chaînes; celles-ci s'élèvent à l'Ouest en Colombie et au Nord (Vénézuëla) comme les bords d'une grande crevasse circulaire qui se forma dans l'écorce solide de la terre à la circonférence de ce centre primitif de soulèvement; crevasse qui, bien qu'alors non encore reconnaissable par des massifs importants dans toute son étendue, fixait déjà la direction des éruptions contemporaines et postérieures.

La force de soulèvement qui causa la formation de cette crevasse autour de ce centre granitique, paraît, dans les temps primitifs, à l'époque plutonique, avoir agi de l'Est à l'Ouest; c'est-à-dire, que commençant au Nord-Est, elle atteignit son plus grand développement au Nord, et de là diminua de plus en plus vers le Sud; par contre le dernier soulèvement de quelque importance, celui de l'époque tertiaire volcanique, suivit la direction opposée.

Au Nord, les chaînes plutoniques qui bordent la mer atteignirent leur hauteur actuelle presque au premier soulèvement; elles ne furent que surélevées à la fin du Crétacé et du Tertiaire, tandis qu'au Sud elles restèrent en partie recouvertes par la mer; ce fut seulement à la fin de l'époque tertiaire que l'éruption des masses et laves trachytiques, très violentes au Sud, et diminuant peu à peu vers le Nord, leur donnèrent leur forme et leur hauteur actuelles.

EXPLICATION DES PROFILS

EN PARTIE DESSINÉS COMME ASPECTS.

I

Massif de Santa Marta (11° lat. N.) de St. Juan de la Cienaga à Maracaybo (69° 45' à 74° 20' long. occid.) (voir pag. 22).

Ce massif (7926 m.) qui dépasse la limite des neiges s'élève sur le côté nord, au bord de la mer, comme celui de Caracas, sans en être séparé par une région littorale, et retombe, au Sud, encore plus brusquement contre la vallée d'Upar; il est constitué presque en entier par des roches syénitiques et amphiboliques, divisées en couches. La syénite, en se chargeant de mica, passe au granite. A l'Ouest les contreforts sont formés de roches métamorphosées, et s'élèvent de la plaine quaternaire. Au pied sud et est s'appuient des marnes et calcaires schisteux du Crétacé, qui le recouvrent jusqu'à une hauteur de 1700 m.; au voisinage immédiat des roches cristallines ces roches crétacées sont altérées; à l'Est entre Tomarazon et Papayal, sur le „potrero de Benantio“, le calcaire, redressé verticalement, est devenu cristallin et, à quelque distance des roches plutoniques, laisse reconnaître les fossiles crétacés, parmi lesquels l'*Exogyra Boussingaultii* d'Orb. caractérise les couches extérieures. Dans la marne rouge-brun qui forme la couche la plus ancienne se trouve l'*Am. santafecinus* d'Orb. Cette marne atteint ici jusqu'à 1000 m. de puissance et alterne à la partie supérieure avec un calcaire compacte, argileux, qui la recouvre ensuite avec 600—700 m. d'épaisseur.

Ce complexe crétacé qui borde le Sud et l'Est du massif de Santa Marta, est formé par les ramifications septentrionales de celui d'Ocaña; elles s'étendent du S. au N. et enferment entre elles 6 à 7 vallées longitudinales. Les couches, près du massif de Santa Marta, plongent à l'Est, et du côté de l'Est, à l'Ouest; ici, où le calcaire prédomine, elles renferment de puissants dépôts d'asphalte liquide.

Jusqu'à une hauteur de 200 m. s'appuie à ce massif la série tertiaire qui recouvre probablement la presque plate des Goajiros, où, du S.W. au N.E. percent quelques collines, qui à en juger par leur forme, sont formées par des roches plutoniques. Les hordes d'Indiens libres et sauvages qui habitent cette presque en ont jusqu'à présent rendu l'étude impossible.

II

Le volcan de Puracé (2° 19' lat. N., 76° 30' long. occid.) du Magdalena à l'Est, au Cauca à l'Ouest.

Le cône isolé du Puracé est formé par des bancs (coulées?) du trachyte disposé en couches, des fentes duquel, près du sommet haut de 4908 m., s'échappent de nombreuses fumaroles. Au sommet se trouvait en 1855 un cratère de 30 m. de largeur; il rejette depuis 8 ans des vapeurs et des masses de cendre qui en recouvrent le cône à un pied de hauteur dans un rayon d'un kilomètre, et anéantissent toute la végétation. A la hauteur de 2600 m. se trouve une couche de trachyte divisée en colonnes verticales, à laquelle s'appuient du côté de l'Ouest des dépôts de cailloux andésitiques, de marne et de sable avec fragments andésitiques. Sur la côté de l'Est le trachyte est recouvert des calcaires, schistes siliceux et marneux du crétacé inférieur, soit métamorphosés soit avec fossiles encore reconnaissables; le pied de ce complexe est recouvert de conglomérats de cailloux de silice. Des grès quartzeux blancs et des schistes siliceux à Foraminifères (*Orthocerina*, *Rosalina*, *Textulina*, etc.) occupent les hauteurs les plus rapprochées de la vallée du Magdalena, dont le fond est formé par des grès trachytiques ou syénitiques friables, qui contiennent des cailloux de ces roches; de plus par des marnes sableuses, des schistes argileux clairs, tendres et siliceux. Toutes ces couches

sont privées de fossiles, friables et facilement décomposables; elles sont redressées contre la rivière (en partie à l'Est), ainsi que les couches à Foraminifères qui les supportent. Ces couches s'étendent en aval (au Nord) jusque près de Honda; au pied du Huila, du Barragan (selon Codazzi) et du Tolima elles sont recouvertes de cendres et de cailloutis volcaniques. Sur le versant ouest du Puracé affleurent dans la vallée du Cauca des couches tertiaires de marnes, de grès et de calcaire, de même que des conglomérats de schistes à Foraminifères qui plongent sous des angles divers, souvent très grands; les calcaires et argiles se trouvent riches en mollusques fossiles, ainsi à Seguengue au N.W. de Popayan, et à Mulalo au N. de Cali.

Ces couches tertiaires sont redressées à l'Est contre la Cauca, comme le font celles de la vallée du Magdalena; aux environs de Cartago elles sont recouvertes par une formation d'eau douce.

III

Volcans du Pasto et de l'Azufral, séparés par la vallée du Guaitara ici située à une altitude d'env. 1600 m., qui coupe les couches meubles, de grande puissance, de cendre pumicitique et de tuf volcanique, de même que celles de cailloux et de conglomérats (pag. 30).

L'Azufral de même que le Pasto sont constitués par une andésite trachytique qui, à quelques endroits du pied de ces volcans, a pris des formes basaltiques, représentant des colonnes à 4 ou 7 côtés, plus ou moins régulières; sur le côté ouest de l'Azufral ces colonnes se trouvent couchées dans une colline de lave trachytique, qui s'appuie au Volcan de Pasto dans la contrée de Charguabamba. L'activité de ces deux volcans était presque éteinte lors de ma visite en 1854, excepté de petites quantités de vapeur d'eau que l'Azufral rejetait mêlées à des vapeurs de soufre et de l'hydrogène sulfuré. A la pointe sud-est de l'Azufral se trouve enfermé entre des rochers d'andésite le grand cratère ancien, semi-circulaire, maintenant rempli d'eau: la Laguna verde; c'est une eau, qui vue d'en haut, est du vert émeraude le plus pur, vue de près elle est incolore, claire, presque sans goût, a une faible réaction acide et contient en solution des traces d'alun.

Une petite presqu'île sort du lac, presque entièrement composée de soufre; du moins la roche gris-noir originelle est-elle tellement décomposée en un gravier blanc et mélangée de soufre, que le tout paraît n'être qu'une masse de soufre, des nombreuses fentes de laquelle s'échappent de la vapeur d'eau et du soufre avec ses produits ordinaires d'oxydation. A la surface ces gaz ont une température de 90°; plus bas ils sont si chauds que des matières facilement inflammables prennent feu à l'air quand elles y ont été exposées quelque temps. Des gaz semblables s'échappent des crevasses des rochers trachytiques qui environnent le cratère. Sur le versant de ce cratère sud-est, dans la direction du bourg de Tuquerres, se trouve, apparemment enfoncée dans le trachyte, une grosse masse d'une roche granitique, dont le lit du Guaitara renferme aussi quelques fragments.

Les eaux qui sourdent du sommet du Pasto sont saturées de sulfate acide d'alumine que l'on reconnaît déjà au goût; en plusieurs endroits autour de l'ancien cratère jaillissent des sources thermales. Le versant du volcan est recouvert de couches puissantes de cailloux andésitiques, de cendres et de tufs. Celui-ci contient, près de La Venta, des grenats, rubis, saphirs, etc. (v. p. 34).

A cette andésite à formes basaltiques de l'Azufral s'adosse un schiste jaune siliceux à Polythalamies; il est semblable à celui de Vijes, que traversent des veines aurifères; on y lave aussi l'or à Samaniego, dans le voisinage de ce schiste, à une hauteur de 1500 m., ceci ne coïncide pas avec l'assertion de Francisco José de Caldas, qui est cependant un observateur habile et véridique, mais qui dit que la limite supérieure des lavages d'or ne dépasse pas 800 m. Près de Guachaves, au-dessus de Samaniego, on en exploite même par lavage à une altitude de 2850 mètres.

IV

L'Imbabura est situé par 0° 15' lat. N. près d'Ibarra, entre le Cotacachi et le Cayambur; il est formé, comme ceux-ci, d'andésite, et comme eux aussi a autrefois, par de fréquentes éruptions, modifié profondément ses alentours; il nous donne une démonstration très nette de la manière et de l'époque de sa formation. Le noyau de ce volcan est une andésite à masse fondamentale d'un noir de jais, et la pointe en est formée de hautes parois de rochers en demi-cercle, qui entourent le profond cratère en entonnoir dont l'ouverture est tournée à l'Est. Des couches de tuf, de la cendre pumicitique et des dépôts de lapilli en recouvrent les flancs. Le noyau volcanique de la montagne, l'andésite, est recouvert tout autour de grès et de schistes argileux frittés, dont la composition est analogue à celle des roches que, dans les vallées du Patia et du

Magdalena, on trouve superposées au Tertiaire et au Crétacé; seulement ici elles sont plus fermes, étant devenues probablement plus dures par le métamorphisme, elles s'appuient au noyau central andésitique, qui les a redressées et percées. Le dos de ces couches, de même que le pied de la montagne, est recouvert par de puissantes couches de lapilli et de cendre pumicitique, de tufs et de conglomérats de roches volcaniques. Le Mira coupe toutes ces couches près de la ville, jusqu'à 25 m. de profondeur. Un tuf, qui affleure sur le flanc nord de l'Imbabura avec une énorme puissance, forme le substratum des autres couches de cendre et de conglomérats. A l'Est du volcan, vis-à-vis de l'ouverture de son cratère, la couche supérieure de cailloux d'andésite et roches métamorphiques a été enlevée et seules quelques collines allongées en trapèze, dont l'axe le plus long est tourné vers le cratère, prouvent la présence primitive de toute cette couche de cailloux; elles nous rendent en même temps attentifs au fait d'inondations provenant de la région médiane de la montagne, inondations qui ici sont assez difficiles à expliquer, vu que l'Imbabura n'atteint pas la limite des neiges; peut-être pourrait-on admettre que toutes ces couches de tuf, de cendre pumicitique et de cailloux se formèrent déjà sous la surface de la mer, et que le soulèvement de tout ce massif volcanique à sa hauteur actuelle coïncida avec un soulèvement simultané plus fort de l'Imbabura et de la plupart de ces sommets volcaniques de quelque importance, soulèvement qui eut pour conséquence un plus fort courant d'eau dans cette direction. Un argument en faveur de cette hypothèse git dans la présence voisine d'un gisement de mollusques marins dans une roche qui alterne avec des cailloux et des cendres de même nature, à Rumichaca au pied du Volcan de Chiles.

V

Profil de la chaîne de montagne de Bogota et de celle de Medellín située vis-à-vis, par le volcan de Ruiz; profil du chaînon de Baudo, qui borne l'Océan pacifique.

Le Volcan de Ruiz (4° 50' lat. N., 75° 40' long. occid.), le plus septentrional de la Cordillère centrale de la Nouvelle Grenade, ne montre maintenant, à l'instar de son voisin le Tolima, que de faibles traces de son activité volcanique qui fut autrefois considérable (v. p. 31). Au Nord, jusqu'à 5° 9', se trouve une roche trachytique, au Cerro de Ventanas, dont les débris sont très répandus dans la vallée du Cauca, et que Posada-Arango tient pour un volcan éteint.

La plus grande partie des basses régions de cette chaîne volcanique est composée de syénite qui, par places, se charge de mica noir et passe à un granite, tandis que l'amphibole disparaît. Plus bas ce granite alterne avec des schistes micacés, argileux et chloriteux, qui enferment des couches de quartzite, de marbre blanc ou de calcaire cristallin. Ça et là les couches plutoniques sont percées par le trachyte. Le pied du flanc oriental et la plaine avoisinante sont recouvertes de couches puissantes, parfaitement horizontales, d'argile jaune, de sable et de graviers, surmontées d'une marne rouge; la première renferme de nombreuses empreintes de feuilles de Dicotylédones, très semblables à celles des arbres actuels; ces couches forment pour la plupart l'assise la plus inférieure de ce système, qui sur le versant occidental, là où il repose sur la surface érodée et ondulée des roches plutoniques, en est séparé par une couche aurifère de cailloux et d'argile. De toutes ces couches presque horizontales, qui appartiennent à l'époque tertiaire, toutes celles qui dans la vallée du Magdalena montent à plus de 1000 m. ont été presque entièrement enlevées; quelques collines seulement (b du profil) dont le versant oriental est fortement incliné recouvrent de leurs dômes les schistes cristallins et métamorphiques avec leurs différents plongements, quelquefois très abrupts. A la hauteur de Mariquita (548 m.) la plus grande partie de ce complexe tertiaire a été enlevée par des eaux qui coulaient de l'Ouest à l'Est. Les longues et étroites mesas qui sont restées, allongées de l'Est à l'Ouest ont de toutes parts des flancs escarpés. C'est seulement dans les contrées plus basses que le sous-sol plutonique en est complètement recouvert, et ce groupe tertiaire se cache de nouveau sous de puissants dépôts de sable et de gravier de roches volcaniques, mêlées de blocs de granite et de gneiss (a du profil).

C'est dans ces couches de débris volcaniques et dans ces dépôts neptuniens tertiaires, que, vis-à-vis du Ruiz, coupent de l'Ouest à l'Est de profondes vallées transversales, que le Magdalena s'est creusé son lit du Nord au Sud, borné tantôt sur le rivage droit, tantôt sur le rivage gauche par des groupes pittoresques de collines formées par ces couches horizontales de l'époque la plus récente; à Honda celles-ci reposent, dans le lit du fleuve, sur de la syénite jusqu'à ce que la rivière, par 6° 40' lat. N., au-dessus de St. Bartholome, atteigne les alluvions horizontales peu dérangées de leur position primitive. Sous celles-ci affleurent près de Simiti (8° lat. N.) des schistes noirs et des calcaires bleuâtres, qui plus à l'Ouest supportent un dépôt diluvien aurifère.

Sur sa rive droite, en face du Ruiz, s'élèvent les contre-forts des montagnes de Bogota; une argile

rouge micacée, rappelant les schistes micacés du Ruiz, alterne avec des sables et des argiles qui renferment aussi du mica et çà et là des fragments plus ou moins gros de schiste micacé (même à une hauteur de 1000 m., comme à Guaduas). L'argile rouge (c) forme le substratum d'un sable micacé et de conglomérats (d) de roches siliceuses, qui proviennent des escarpements des schistes à Polythalamies (e) du voisinage; ceux-ci forment à l'Alto del Trigo et del Palmar, à une hauteur de 2000 m., les sommets de ces montagnes et recouvrent de puissants complexes de schistes siliceux et de calcaires du Crétacé inférieur, qui renferment ici, dans la vallée de Villeta (f), de nombreux restes organiques.

Sur le flanc droit de cette vallée de Villeta, ce Crétacé inférieur est recouvert d'environ 1000 m. de grès quartzeux et de schistes siliceux (g) qui remontent jusqu'au plateau de Bogota à 2700 m., et forment à l'Est de cette ville les arêtes culminantes de la chaîne; à Bogota même elles sont encore surmontées par les couches tertiaires de grès micacés passant à des conglomérats et de marnes bigarrées, à lits de quartz et de charbon.

A Zipaquira se trouve, touchant les escarpements perpendiculaires du Crétacé, resserré dans leurs crevasses qui se déjetèrent probablement encore davantage lors d'un soulèvement ultérieur, l'important gisement de sel qui approvisionne la majeure partie du pays.

Aux environs d'Ubaté, comme sur le Guadalupe près de Bogota, affleurent les couches presque verticales de ce grès crétacé supérieur, recouvertes de dépôts tertiaires presque horizontaux. De même au pied du Guadalupe on voit ces couches horizontales ou des dépôts tertiaires semblables avec un très faible plongement à l'Est; elles forment le support de l'alluvium de la plaine, tandis qu'au pied du Monserrate, qui n'est qu'à peu de distance, le tertiaire plonge très fortement, sous le même angle que les couches du Monserrate lui-même (p. 28).

Le pied du flanc occidental du Ruiz est aussi formé de roches syénitiques, cristallines et de schistes métamorphiques, dans lesquels le Cauca s'est creusé son lit; dans le voisinage de cette rivière elles sont recouvertes de même par des couches horizontales de sable et de débris syénitiques et porphyriques, rappelant ceux du versant oriental, tandis que la chaîne occidentale, qui sépare le bassin du Cauca de celui de l'Atrato et qui est la continuation de celle de Cali, est constituée par du porphyre et des couches métamorphiques traversées par des veines aurifères.

De ces roches est formé le sable aurifère qui, avec des graviers et de marnes, recouvre les couches en place de la vallée du Cauca et de l'Atrato. A l'Ouest, sur les rives de l'Atrato, ces roches sont recouvertes de conglomérats et de brèches coquillières tertiaires, qui constituent la chaîne littorale de Baudo, laquelle s'étend au Nord jusqu'à l'Isthme de Panama ($7^{\circ} 15'$), et au Sud jusqu'à $4^{\circ} 10'$ de lat. Nord.

VI

Le volcan de Chiles, $0^{\circ} 52'$ lat. N., avec le cône d'andésite du Guaca, situé vis-à-vis à l'Est et la plaine de Carlosama et Pupiales, qui les sépare, et qui est coupée par le Guaitara.

Comme le Guaca, le Chiles est aussi constitué par des entassements de bancs de trachytes, des fissures desquels s'échappaient autrefois des vapeurs de soufre et d'eau, ainsi que le montrent les dépôts de soufre qu'on y remarque; ce phénomène a encore lieu sur un second cône plus petit du Chiles, l'Oreja. De puissantes couches de conglomérats formés aux dépens de ce trachyte andésitique recouvrent les sommités latérales qui s'appuient à la montagne principale (v. page 37); à ces conglomérats s'adossent à l'Ouest, à une hauteur de 2600 m. près de Mallasquer, des roches stratifiées qui, d'après leurs caractères pétrographiques, appartiennent au Tertiaire (v. p. 44). Le pied oriental du Chiles, dans la vallée qui sépare ce volcan du Guaca, montre de même des lits de cailloux de schistes métamorphiques et des marnes sur lesquelles, à la Laja (v. p. 36), repose un banc d'andésite trachytique, irrégulièrement divisée en colonnes (a), et de nouveau recouverte de puissants dépôts de cendre pumicitique, de cailloux de trachyte et de marnes. Dans ces dernières couches s'intercale à Rumichaca un banc de silice avec Foraminifères et autres animaux à carapace peut-être voisins des Lophyropodes. Un bloc de cette roche forme le célèbre pont naturel de Rumichaca.

VII

Volcans de Pasto et de Bordoncillo, montagnes de Beruecos, la vallée du Patia et les Cordillères occidentales.

Les andésites du Pasto et du Bordoncillo sont recouvertes au Nord de puissantes couches de cailloux de roches volcaniques et plutoniques de tufs et de marne sableuse rouge, et de quartzites; elles reposent

sur les roches métamorphiques et schisteuses qui constituent le massif de Beruecos, situé entre les rivières du Juanambu et du Majo.

La vallée du Patia, qui reçoit ces deux rivières, coupe en partie des couches fortement redressées, peu puissantes, de schistes marneux argileux ou sableux, de cailloux de roches cristallines et de conglomérats d'un calcaire siliceux contenant des rognons de silex et des coquilles; ce calcaire provient vraisemblablement de couches qui affleurent en place à quelques lieues de Popayan dans la Cordillera occidental (v. p. 32, 52). Toutes ces couches sont çà et là couvertes à leur tour de lits horizontaux d'une marne peut-être volcanique (tuf) renfermant des fragments de roches cristallines et des cristaux isolés ou des fragments de rubis-spinels, grenats, saphir et topaze. Ces deux complexes de couches: le groupe inférieur redressé, composé de grès friables, de marnes et de cailloux, et les dépôts de cailloux et de sable qui le recouvrent en discordance, ces deux systèmes affleurent dans toute la vallée du Patia, ainsi que dans le cours supérieur du Cauca. Avant le dernier grand soulèvement accompagné d'éruptions volcaniques, avant le crevassement et le redressement de ces couches, ces deux vallées formaient bien sûr une mer continue ou plutôt un bras de mer qui, lorsque plus tard le Sotará, le Puracé et le Huila étendirent leurs bases du côté de l'Ouest après leur soulèvement, fut séparé en deux parties et donna naissance à deux systèmes de rivières, dont le méridional est empêché de poursuivre son cours à travers le grand plateau volcanique équatorial et, tourné à l'Ouest se jette dans le Grand Océan, en y entraînant avec soi dans son cours impétueux les roches meubles de la vallée de Patia; au contraire les eaux qui forment au Nord le second système, trouvent dans les masses des Cordillères occidentale et centrale, qui se rapprochent au Nord de Cartago, une barrière qui les force à couler plus lentement jusque-là et ne permet pas le transport de grosses masses d'érosion; les couches ne furent entamées que très superficiellement et restèrent en général recouvertes d'alluvion. Par suite de cela se forma dans les environs de Cartago un dépôt d'eau douce (Profil VIII).

VIII

Profil pris un peu plus au Nord à travers les Cordillères centrale et orientale, jusqu'aux plaines de la Meta.

Le volcan de Tolima, haut de 5616 m. et situé au Sud du Ruiz, est composé comme celui-ci d'un noyau andésitique, qui traverse les roches amphiboliques et micacées de même que les schistes métamorphiques. Il ne montre plus maintenant que de faibles traces d'une activité autrefois considérable; des sources sulfureuses, des exhalations de vapeur d'eau, et d'hydrogène sulfuré, mélangées d'un peu d'acide carbonique s'échappent seules du vieux cratère, près de la limite des neiges.

Du côté de l'Ouest, la base du Tolima touche à la vallée de Cartago que nous avons décrite plus haut (p. 31), avec son bassin d'eau douce; à l'Est elle atteint la vallée du Magdalena qui forme à son pied une plaine large de plusieurs lieues, dont les couches horizontales sont constituées par des cailloux des roches qui forment la base du Tolima; dans le voisinage de la rivière, à Piedras, elles ont été disloquées et redressées, ce qui semble avoir pour cause la présence d'une roche chloritique (v. p. 30 et 53).

Sur la rive droite de la rivière nous trouvons les mêmes roches que nous avons observées vis-à-vis du Ruiz. Près du Magdalena affleure le Tertiaire de la vallée de Neiva, plus haut près du Tocaima les schistes siliceux à Foraminifères, et par-dessous le Crétacé inférieur que l'on reconnaît à Anapoima (1131 m.) par ses nombreux fossiles et qui apparaît jusque dans le voisinage de la Mesa de Juan Diaz (1200 m.). D'ici en haut le Crétacé inférieur devient plus rare et, à la hauteur de 2000 m., affleurent seules les couches à Foraminifères du Crétacé supérieur, qui forment les plus hauts sommets du massif oriental.

A la Mesa et à Anapoima la Crétacé plonge 45° E., il est recouvert de puissants dépôts de cailloux du Crétacé récent duquel les tranches des couches les entourent en hémicycle, dont le fond submergé avant le soulèvement de l'époque tertiaire fut rempli de ces débris. Mises à sec par ce dernier soulèvement, les masses de graviers qui entouraient la Mesa actuelle de Juan Diaz furent enlevées par les flots de la mer tertiaire.

Au côté est du Monserrate et du Guadalupe, affleurent, sous les couches à Foraminifères, les assises du Gault et sous celles-ci les marnes et calcaires nécomiens, qui, plus à l'Est, paraissent avoir une puissance encore plus grande, tandis que celle du Gault diminue.

Dans cette contrée, surtout entre Cipaqué et Caquesa, les courbures et plissements grandioses et intéressants de ces couches de grès et de schistes argileux nous donnent une idée de la force qui les souleva et de l'extension de la chaleur terrestre jusque dans les couches les plus supérieures, sans que celle-ci fût cependant montée assez haut pour altérer et métamorphoser les roches, comme c'était le cas pour quelques

couches plus à l'Est. Ici nous voyons des couches de grès à Foraminifères alterner avec de minces lits de schiste argileux; des complexes de 30—40 m. de puissance sont recourbés en arc de cercle dont les pans sont perpendiculaires l'un à l'autre sans que la roche se soit le moins du monde fendue au milieu; il est clair que ces couches, sous l'influence des forces qui en occasionnèrent le soulèvement, furent échauffées, plus ou moins ramollies, ce qui transforma les couches de sable et d'argile en quartzites et argillites. Plus à l'Est la chaleur interne du globe semble avoir agi plus fortement sur les masses neptuniques, qui sont ici plus compactes, plus schisteuses, plus métamorphosées, plus semblables aux roches plutoniques; les schistes argileux sont soit micacés soit chloritiques, onduleux, les grès grossiers et les conglomérats compacts, fermes et fortement cimentés.

Au bord oriental de ce massif, près des plaines du Meta, à Cumaral, affleure un gisement de sel gemme dans les mêmes conditions que celui de Zipaquira près de Bogota, au pied d'un escarpement élevé de couches crétacées; il est recouvert d'un dépôt de 6 m. d'épaisseur de roches clastiques noires, qui s'appuie sur le bord droit à des couches métamorphosées, perpendiculaires, de l'époque tertiaire: ce sont des couches de conglomérats épaisses d'environ 1 m., qui alternent avec un grès puissant d'environ 0,3 m et des couches de schiste argileux d'0,1 m d'épaisseur. Les conglomérats sont composés de cailloux de quartz blanc maintenant redressés ou de fragments anguleux de schistes marneux, de quartz et de grès; ils sont d'une grosseur différente dans les différentes couches et dans le voisinage du sel mélangés de pyrite de fer. Le sel renferme de même des cristaux de cette substance avec du soufre natif. Un peu plus au Sud ces couches reprennent leur aspect naturel; à Villavicencio les vallées transversales du massif, dans le voisinage immédiat des plaines, sont remplies d'environ 100 à 200 mètres de couches de cailloux qui s'étendent à l'Est sur les plaines jusqu'à une distance de 20 milles; elles diminuent peu à peu de puissance et laissent enfin réapparaître les couches tertiaires qui recouvrent les plaines du Meta, de l'Apure et de l'Orénoque. Celles-ci sont représentées par les grès quartzeux grossiers rouge-brun, les marnes bigarrées et les schistes argileux sableux, que nous savons déjà recouvrir les plaines de Vénézuéla à Baul, Calabozo, Barcelona, etc., et qui s'étendent jusqu'au pied du massif granito-plutonique de la Guyane.

IX

Profil que donne Humboldt du massif littoral de Caracas jusqu'aux Llanos par 67° 30' de long. occid. environ (*Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft* V. Berlin 1856; voir ci-dessus p. 13 et 14); à page 18 Humboldt écrit à Ewald: Peut-être est-il de quelque intérêt d'étudier un peu les formations anciennes périodiquement alternantes de schiste vert, serpentine et diabase de même que les masses éruptives plutoniques (nommées volcaniques dans le Voyage, etc., Vol. VI. p. 37 et Vol. X. p. 306) de porphyre amygdaloïde et schisteux, qui forment l'ancien rivage de ce grand bassin neptunique (Llanos de Caracas). Les bords de ces bassins étaient bien propres à faciliter des éruptions. — Ewald, en reproduisant ce passage, publie les communications qui suivent du livre de Humboldt „Voyage aux régions équinoxiales Vol. VI., p. 30—38 et Vol. X., p. 261—275 et 305, pour expliquer le profil géologique donné par Humboldt du massif littoral et du district méridional adjacent de Valencia et de Parapara. Ewald les publia dans cet ouvrage en 1853 et je les reproduis pl. II des profils suivants.

La zone de gneiss et de schistes micacés qui occupe la partie septentrionale du massif côtier de Vénézuéla a, de la mer à Ville de Cura, une largeur de 10 lieues. Elles se compose, là où le profil la coupe, de deux chaînes parallèles dont la méridionale est formée exclusivement des deux roches ci-dessus, tandis que celle du Nord renferme encore du granite. Entre les deux chaînes les plateaux d'Aragua forment une vallée longitudinale où Nueva Valencia est située à 234 toises, le lac de Tacarigua à 222 toises au-dessus de la mer. Le flanc méridional de la Cordillère littorale intérieure du plateau de Cura (266 toises) jusqu'aux Llanos, a encore une largeur de 8 lieues. C'est dans cette partie du profil que se trouve cette alternance de schistes verts, de diabases et de serpentines, association que, même sur les points du globe les plus éloignés, l'on reconnaît toujours plus comme constante. Un diabase d'un vert-noirâtre à grain fin, sans quartz, forme dans cette partie du profil la masse principale; des serpentines d'un vert olive foncé et à cassure inégale y affleurent intercalées en sous-ordre; les schistes verts enfin sont par places distinctement talqueux et contiennent de l'amphibole, mais sans mica ni quartz. Au Sud de Malpaso, où ce schiste vert perd son amphibole, il passe aux schistes bleu-noir dits „Piedras azules“. Du milieu de cette alternance de roches s'élèvent comme des ruines les rochers calcaires des „Morros de St. Juan“. Le calcaire de ces Morros est cristallin, soit très compact, soit incohérent et de couleur vert grisâtre, renfermant des paillettes de mica isolées; il contient des bancs d'une roche foncée, schisteuse, où l'on reconnaît un passage à un schiste argileux de transition ou à un

schiste siliceux; il forme peut-être un lit subordonné au milieu du complexe de ces roches métamorphiques, de schistes verts, de diabases et de serpentines et appartient sans nul doute à l'un des terrains paléozoïques. Toutes ces roches plongent assez régulièrement contre la côte. Au calcaire des Morros s'appuient d'autres calcaires fossilifères d'âge évidemment plus récent. Si l'on s'avance au Sud contre les Llanos, on arrive entre Parapara, Ortiz et le Cerro de Flores, à des amygdaloïdes augitiques et des phonolites. Ces dernières correspondent exactement à celles de la Bohême centrale; des cristaux de feldspath vitreux qui sont pris dans la masse, lui donnent une apparence porphyrique. Elles nous fournissent la preuve certaine qu'il existe des roches de nature éruptive évidente et d'âge relativement récent, qui séparent les Llanos des massifs de la côte. Les porphyres amygdaloïdes ont une couleur bleu-grisâtre, sont vitreux, contiennent des cristaux d'augite fissurés, de la mésotype et se divisent en sphéroïdes concentriques. Ils s'associent étroitement aux phonolites et pénètrent dans les diabases de façon à alterner avec eux. Ces phonolites et amygdaloïdes forment des montagnes coniques, élevées de 30—40 toises au dessus des Llanos. Ceux-ci ne gisent ordinairement qu'à 40—90 toises au-dessus de la mer, portant en leur milieu la petite ville de Calabozo à une hauteur de 94 toises.

X et XI

Deux profils de la région décrite par Humboldt, (Profil IX) publiés dans l'année 1862 du journal sus mentionné (p. 57).

Tous deux sont pris du Nord au Sud à une distance d'un demi degré de longitude.

Le profil oriental passe par le point le plus profond du lac de Valencia, qui, selon Codazzi est à 334 mtr. au-dessous de la surface de l'eau, il coupe la haute chaîne littorale extérieure dans la Cumbre de Choroní, la chaîne intérieure parallèle dans un col près Villa de Cura; il court ensuite par la plus haute sommité des Morros de St. Juan et le Voladero de la Galera, la chaîne méridionale de collines qui limite les Llanos.

Dans le profil occidental les deux chaînes côtières sont également coupées, celle du Nord dans l'Hilaria (Cumbre de Valencia), celles du Sud dans les basses rangées de collines du Tinaquillo. La troisième, qui correspond aux Morros de St. Juan, est composée de tours de rochers calcaires isolés, qui se retrouvent à plusieurs endroits de cette région, par exemple à l'Ouest de St. Juan près d'Altar et à l'Est près de St. Sebastian et d'Orituco, mais non sur le parcours du profil; par contre la Galera est aussi coupée, près de la petite ville de Pao, à une hauteur de 568 m.

A peu près à un degré au Sud de Pao s'élèvent, des grès et des marnes tertiaires des vastes plaines des Llanos, le massif de 1500 m. d'altitude de la Galera del Baul, groupe de montagnes courant du Sud au Nord et composé de granite, de syénite, de porphyre feldspathique et de roches dioritiques. Ce massif, tout à fait isolé dans les Llanos, paraît être un rameau du système de la Parima qui s'étend au Sud de l'Orénoque. Je n'ai pas observé dans la Cordillère de Vénézuëla les cristaux parfois très grands de feldspath rouge qui affleurent dans ces roches à St. Bartholo sur la rive droite du Chirgua. Dans ces syénites et granites sont inclus des bancs de grès qui, surtout près de la surface des couches, contiennent de l'amphibole, du mica et du feldspath et passent à un porphyre feldspathique (v. p. 14).

La chaîne littorale qui a son point culminant au Naguata de Caracas (2800 m), situé à l'est de Choroní, est constituée en majeure partie par des syénites et des gneiss amphiboliques. En général sont intercalés dans ces roches plutoniques, surtout sur le versant méridional, des complexes de couches de schistes micacés, de quartzites micacés, de schistes amphiboliques et autres roches semblables, qui plongent la plupart au N.E. A Las Trincheras au pied occidental de l'Hilaria la masse syénitique renferme des fragments parfois anguleux du schiste amphibolique qui y est superposé. A Pt. Cabello au pied nord de l'Hilaria, comme à Savanna Larga de St. Mateo au pied sud du Choroní et à d'autres endroits, s'intercalent entre ces couches des bancs de marbre.

Au pied sud de l'Hilaria affleure à Valencia un calcaire, cristallin, grenu et bleu-clair à la partie inférieure, et semblable à celui des Morros de St. Juan, il inclut des fragments anguleux de la grosseur du pouce de schistes argileux et siliceux jaunes micacés; à ce qu'il paraît, il est superposé aux roches de ces groupes anciens, plutoniques et métamorphiques.

La chaîne méridionale court plus ou moins parallèlement à celle du Nord qui borde la mer; elle a son point culminant un peu à l'Est du Méridien du Choroní, dans le Guaraima, haut de 1670 m. et le Roncador, de 1453 m. de hauteur. La diabase paraît être dans cette chaîne la roche prédominante; cependant il affleure, aussi du gneiss, du schiste micacé, de la granulite et de la diorite, surtout sur ses ramifications

occidentales, comme par exemple dans l'Abra de Cura et à Tinaquillo des deux profils ci-joints. Les roches crétacées qui, partiellement ou entièrement, constituent la prolongation orientale de ce chaînon jusqu'au cap Unare, forment aussi les assises supérieures de sa partie occidentale. Ces roches plutoniques percent en dômes isolés le terrain neptunien plus récent qui s'y adosse du côté du Sud et qui limite les vastes plaines uniformes de l'Orénoque.

De 60° 30' à 70° 35' la chaînon de 600 m. de hauteur nommé „Galera“ forme les contreforts méridionaux extrêmes du haut massif de Caracas et de Valencia. Au-delà de ces méridiens le versant sud de la chaîne côtière intérieure du Guaraima et du Roncador s'abaisse successivement jusqu'aux plaines de l'Orénoque, dont le sol composé de couches tertiaires récents presque horizontales, est recouvert de l'alluvium qui provient des montagnes.

La plus grande partie de cette zone de montagnes est, comme je l'ai déjà dit, constituée par des roches neptuniques qui laissent encore reconnaître des fossiles.

Même dans la vallée qui gît entre ces deux chaînes de montagnes plutoniques se trouvent des fossiles tertiaires enfouis dans les calcaires et argiles des environs de Caracas, à l'Est de cette localité, à Caucagua et Sta. Lucia.

Une discordance de stratification, comme aussi une différence dans la direction et l'angle de plongement des couches neptuniennes permet de diviser celles-ci en deux terrains différents. Des Ammonites et des Inocérames caractérisent les couches inférieures qui plongent abruptement du W.S.W. au E.N.E.; les assises supérieures au contraire, avec un angle d'inclinaison faible, et courant de l'Ouest à l'Est, se distinguent par une grande abondance en Foraminifères.

Le premier de ces étages, peu étendu, est constitué par des schistes calcaires, siliceux ou argileux, plus foncés, plus compactes, même cristallins dans les couches inférieures; ce sont „les schistes bleu-noir de Piedras azules et Parapara“ de Humboldt, surtout coupés par le profil oriental, il en est du même à Moja dulce et Malpaso entre St. Juan et Parapara.

Les schistes à Polythalamies, formés soit par des calcaires bleu-clair, soit par des brèches composées de schistes argileux fins, de calcaire ou de quartz, et qui recouvrent une grande partie du territoire représenté sur les deux profils, furent désignés par Humboldt en partie par les noms de schistes verts et de Grünstein. Ces couches Crétacé supérieur furent aussi trouvées en d'autres endroits à l'état cristallin, comme à la Quebraitas près du St. Juan de los Morros où elles forment le toit d'une roche chloritée ayant l'aspect de la serpentine.

A St. Juan j'observai lors de ma première visite un bloc isolé avec des cristaux de feldspath vitreux qui me fit espérer de découvrir la roche augitique signalée par Humboldt dans le voisinage, c'est-à-dire au Cerro de Flores, et qui lui donnèrent l'idée que les plaines de l'Orénoque seraient, au Nord comme à l'Ouest, entourées de formations éruptives.

Je n'y réussis cependant pas; ni à l'endroit désigné spécialement par Humboldt, le Cerro de Flores, ni ailleurs en Vénézuëla je ne vis d'augites, et je suis convaincu que, si une roche augitique affleure quelque part dans ces environs des Llanos, elle doit avoir une extension très-restreinte.

En tout cas l'opinion émise par Humboldt est fautive, et le gisement de ces roches volcaniques, maintenant nommées plutoniques, qu'il indique, ne doit pas le moins du monde être placé dans les Galeras d'Ortiz et de Parapara, de St. Francisco et de Pao, etc.

Ces Galeras, composant les chaînes les plus méridionales et bordant les Llanos, se composent de couches d'un grès quartzueux rougeâtre et de schistes argileux peu résistants, qui ont la plupart du temps un angle de plongement très ouvert, sont même fréquemment verticales et parfois ondulées, comme le profil occidental l'indique à la Galera de Pao.

Ces roches sont pour la plupart crevassées, les parois des crevasses tapissées de cristaux; sur les schistes argileux se trouvent des empreintes ou des moules en relief qui rappellent les traces de *Chirotherium*. Au „Volador“ près Ortiz j'y trouvai des Polythalamies. Près de Pao j'observai la discordance de stratification signalée dans le profil entre ces couches et celles du Crétacé inférieur.

Le fort angle de plongement des couches de la Galera, fait exceptionnel pour les schistes à Polythalamies et qui paraît de même prédominer dans les Morros de St. Juan, se répète sur tout le pourtour de cette zone, affectant les couches neptuniques récentes; il en est de même sur la côte nord, près de Panapo à l'Est de Riochico et au Cabo blanco près La Guayra.

Au pied sud de la Galera de Pao je trouvai, dans la Quebrada de Potrero, une argile schisteuse bleue, facilement délitée, alternant avec des couches de grès; elle plonge de 15° au Nord et contient diffé-

rentes espèces de mollusques tertiaires, entre autres la *Scalaria* que l'on observe aussi dans la contrée de Caracas à Caucagua (Quebrada Merecure).

C'est la même argile qui me parut, à une journée de chemin plus au Sud, à Huises, alterner avec les conglomérats quartzeux et les grès très répandus dans les Llanos, où elle renferme également des restes de Mollusques bivalves, tertiaires ou quaternaires.

A Calabozo le substratum de ces roches est formé par un puissant dépôt de cailloux de quartz blanc.



BIBLIOTECA

EXPLICATION DES PLANCHES.*)

Sauf indication contraire, toutes les figures sont de grandeur naturelle.

PLANCHE I.

- Fig. 1. *Ptychoceras Humboldtianus* Krst., de Caquesa; a) vu de côté; b) coupe transversale; c) vue idéale de la coquille libre.
- Fig. 2. *Hamites Degenhardtii*, Buch, var. *inflatus*, Krst., Velez; a) vu de côté; b) vu du côté ventral; c) coupe transversale; d) jeune individu vu de côté.
- Fig. 3. *Crioceras Duvalii* Leveillé, var. *undulatus* Krst., Caquesa; a) vu de côté, b) coupe transversale.
- Fig. 4. *Ancyloceras Beyrichii* Krst., Velez; a) vu de côté; b) un fragment vu du dos; c) une paroi grossie; d) pourtour de la dernière de grandeur naturelle.
- Fig. 5. *Lindigia helicoceroïdes* Krst.; Las Casitas près St. Benito; a) et b) restauration de la forme idéale de l'animal; c) vu du dos.
- Fig. 6. *Ammonites Noeggerathii* Krst.; Caquesa, a) vue de côté, coquille un peu détériorée près de l'ombilic; b) vue de la bouche.
- Fig. 7. *Ammonites Caquesensis* Krst.; Caquesa; a) vue de l'ombilic; b) vue du dos.
- Fig. 8. *Ammonites Ubaquensis* Krst.; Ubaque; comme ci-dessus.

PLANCHE II.

- Fig. 1. *Baculites granatensis* Krst.; Inza; a) vu de côté; b) coupe transversale.
- Fig. 2. *Baculites Maldonadi* Krst.; Inza; comme ci-dessus.
- Fig. 3. *Ammonites Trianae* Krst.; Velez; a) vue de côté; b) vue de la bouche.
- Fig. 4. *Ammonites Roseanus* Krst.; Quetame à l'Est de Bogota; idem.
- Fig. 5. *Ammonites Leonhardianus* Krst.; Trujillo (Vénézuëla). Idem.
- Fig. 6. *Ammonites galeatus* Buch, Tocayma. Idem.
- Fig. 7. *Ammonites Didayanus* d'Orb.; Velez. Idem.
- Fig. 8. *Ammonites pulchellus* d'Orb.; Velez. Idem.
- Fig. 9. *Ammonites compressissimus* d'Orb.; Velez. Idem.

PLANCHE III.

- Fig. 1. *Ammonites galeatoïdes* Krst.; Velez. Idem.
- Fig. 2. *Ammonites Caicedi* Krst.; Velez. Idem.
- Fig. 3. *Ammonites Lindigii* Krst.; Tunja. Idem.
- Fig. 4. *Ammonites Codazzianus* Krst.; Tunja. Idem.
- Fig. 5. Jeune exemplaire de la même.

*) Voir, pour la description détaillée: „Amtlicher Bericht, etc., 1858 pag. 101.“

PLANCHE IV.

- Fig. 1. *Ammonites Treffryanus* Krst.; Tocayma. a) vue de côté; b) vue du dos.
 Fig. 2. *Ammonites Toroanus* Krst.; Barbacoas (Vénézuëla). Idem.
 Fig. 3. *Ammonites Ospinae*. Même endroit. Idem.
 Fig. 4. *Ammonites Mosquerae* Krst. Même endroit. a) et b) comme ci-dessus; c) un fragment de la coquille grossie.
 Fig. 5. *Ammonites Barbacoënsis* Krst.; même endroit; a) côté de l'ombilic; b) côté de la bouche.

PLANCHE V.

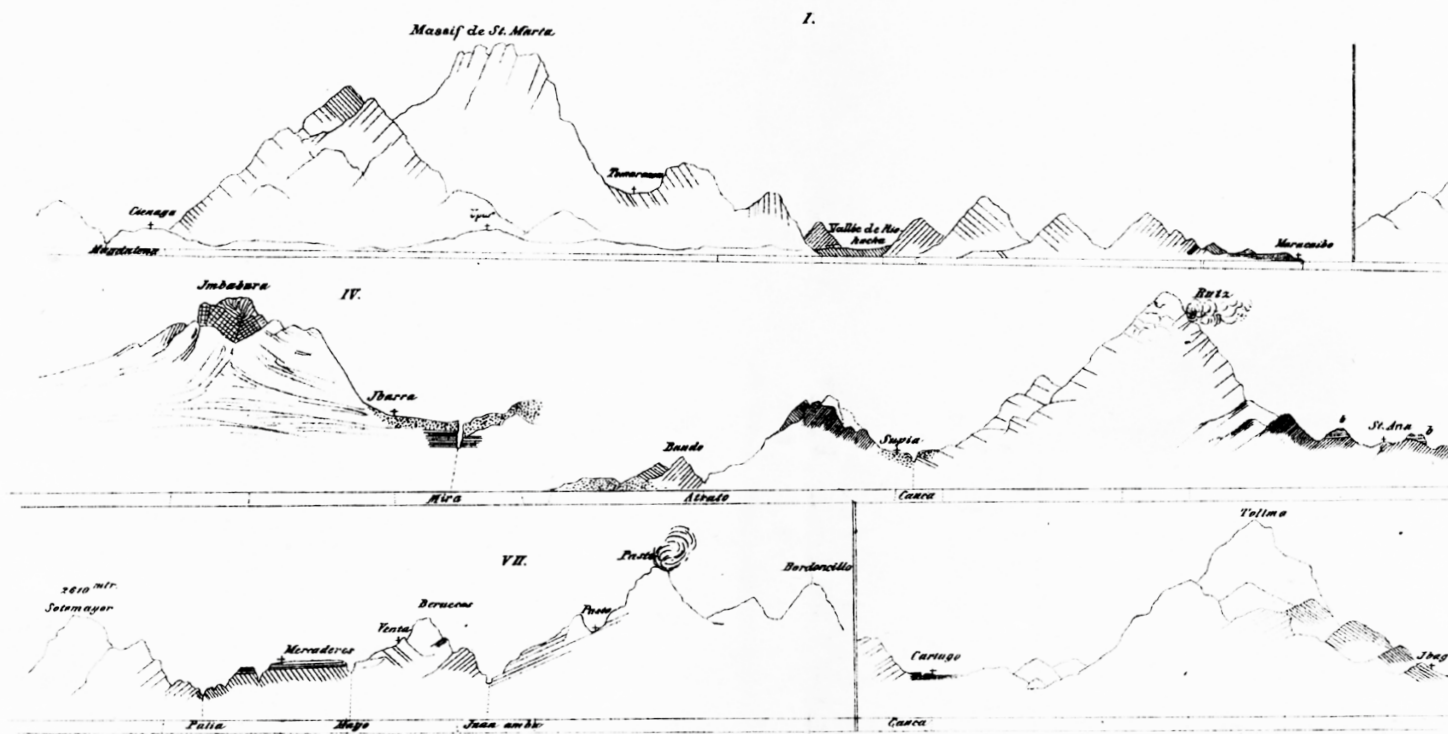
- Fig. 1. *Ammonites Karsteni* Marcou. (A. Acostae Krst.) Tocaima; comme ci-dessus.
 Fig. 2. *Ammonites Hopkinsi* Forbes; Leiva. Idem.
 Fig. 3 et 4. Jeunes exemplaires de la même.
 Fig. 5. *Ammonites Dupinianus* d'Orb.; Velez. Idem.
 Fig. 6. *Inoceramus Roemeri* Krst. Inza.
 Fig. 7. *Crassatella Buchiana* Krst. Zapatoca (sur le Chicamocha); a) vue de côté par la valve droite; b) vu de dessus du côté du crochet; c) vu de face du côté du crochet.

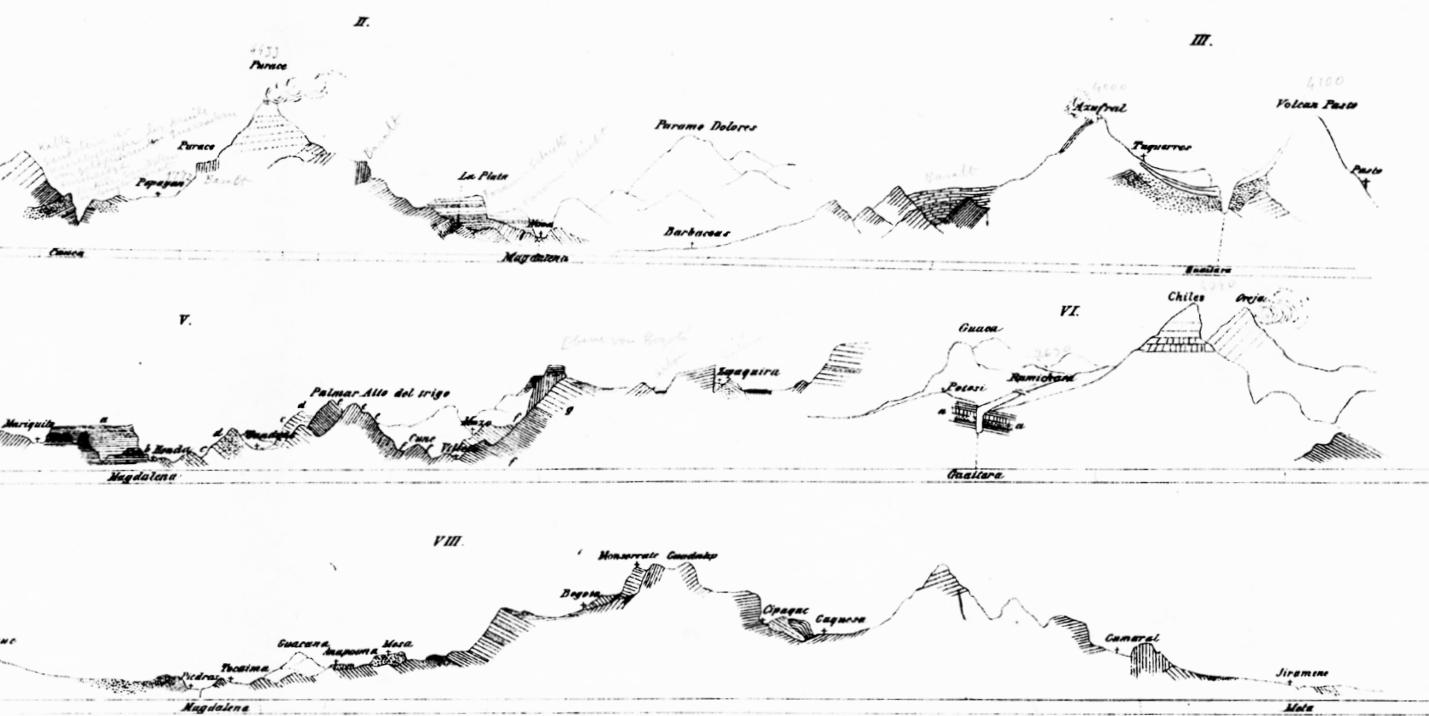
PLANCHE VI.

- Fig. 1. *Terebratula Haueri* Krst.; a) du côté ventral; b) du côté dorsal; c) du côté antérieur.
 Fig. 2. *Cyclopaea Rumichacae* Krst.; sur la rive sud du Guaitara (Rio Males); une masse de la roche-mère forme le Puente del Inca; Rumichaca. a) carapaces dans la roche, fortement grossies; b) coupe longitudinale de la carapace, par la paroi médiane un peu encroutée; c) coupe transversale de la même, par le milieu de cette paroi bien conservée; d) coupe transversale, la paroi médiane manquant à moitié, l'autre partie encroutée; e) coupe transversale d'une extrémité; f) même coupe avec paroi médiane fortement incrustée.
 Fig. 3. *Orthocarina Ewaldi* Krst. Tocayma; a) carapace dans la roche, vue de côté, fortement grossie; à la même, de grandeur naturelle; b) coupe longitudinale par la ligne médiane; à une des extrémités le canal médian a été enlevé par le polissage; c) coupe transversale où le canal médian apparaît comme un trou rond.
 Fig. 4. *Planulina Zapatocensis* Krst.; Zapatoca sur le Sogamozo; a) vue latérale grossie, d'en haut; b) vue semblable, de dessus; c) grandeur naturelle; d) vue de la bouche; celle-ci n'est pas conservée, mais incrustée irrégulièrement.
 Fig. 5. *Robulina Sogamozae* Krst. a) vue de côté grossie; b) vue de la bouche; c) grandeur naturelle.
 Fig. 6. *Orbitulina Vénézuélana* Krst. Trujillo Bottijoque, Escuque etc. (Vénézuëla). a) vu de la face convexe, grandeur naturelle; à grossi; b) la face concave; c) coupe transversale; d) une partie de la carapace fortement grossie; un fragment de test est détruit, ce qui permet de voir les cellules intérieures; e) les lamelles concentriques telles qu'elles apparaissent après le traitement par l'acide.
 Fig. 7. *Gallionella decussata* Ehrbg. Cartago. *G. distans* Ehrbg., et *G. marchica* Ehrbg. grossies 500 fois; a) à l'état naturel; b) après l'action de l'acide chlorhydrique.

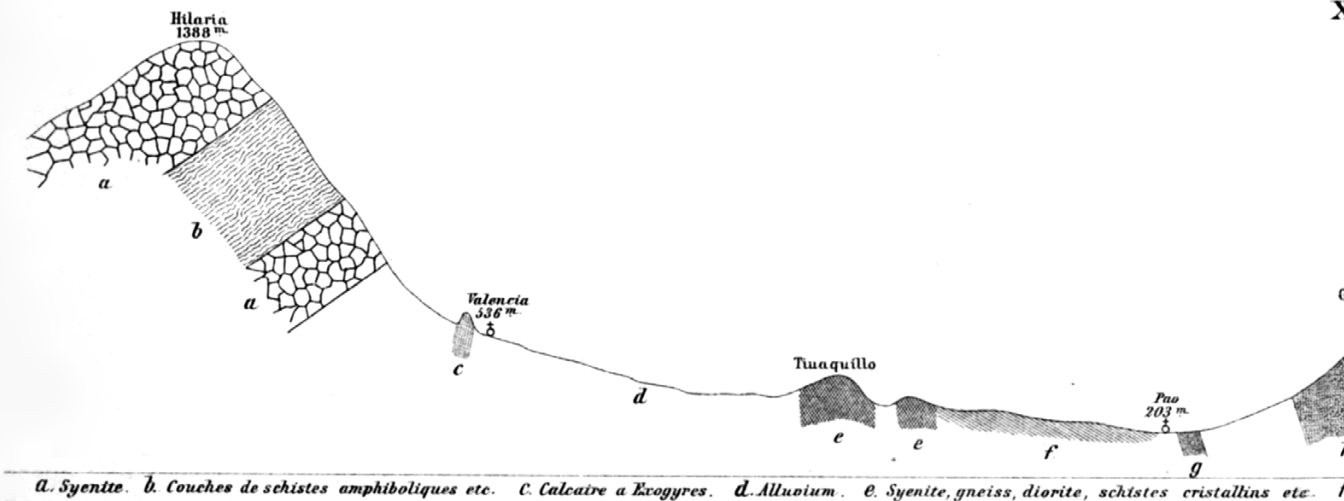
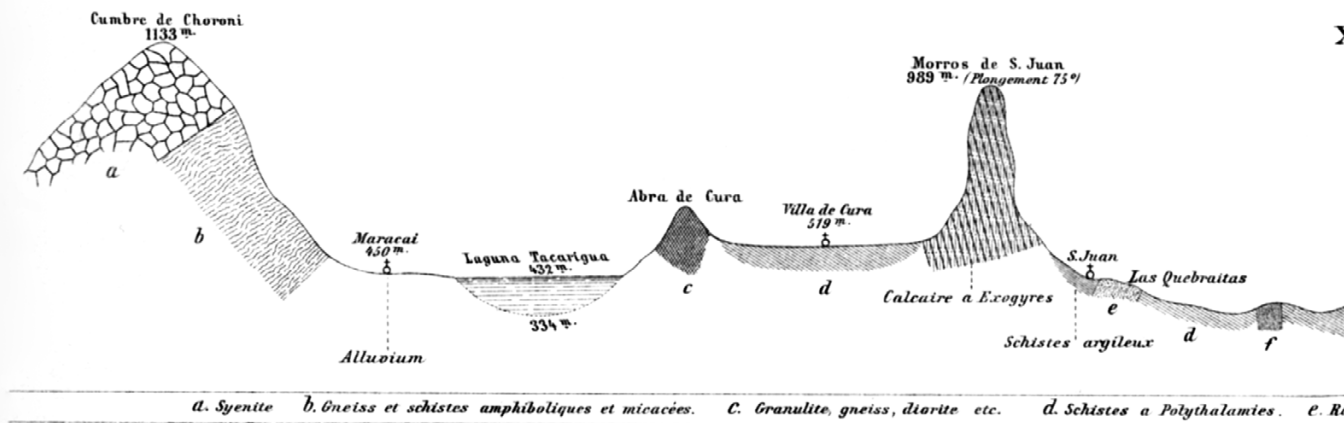
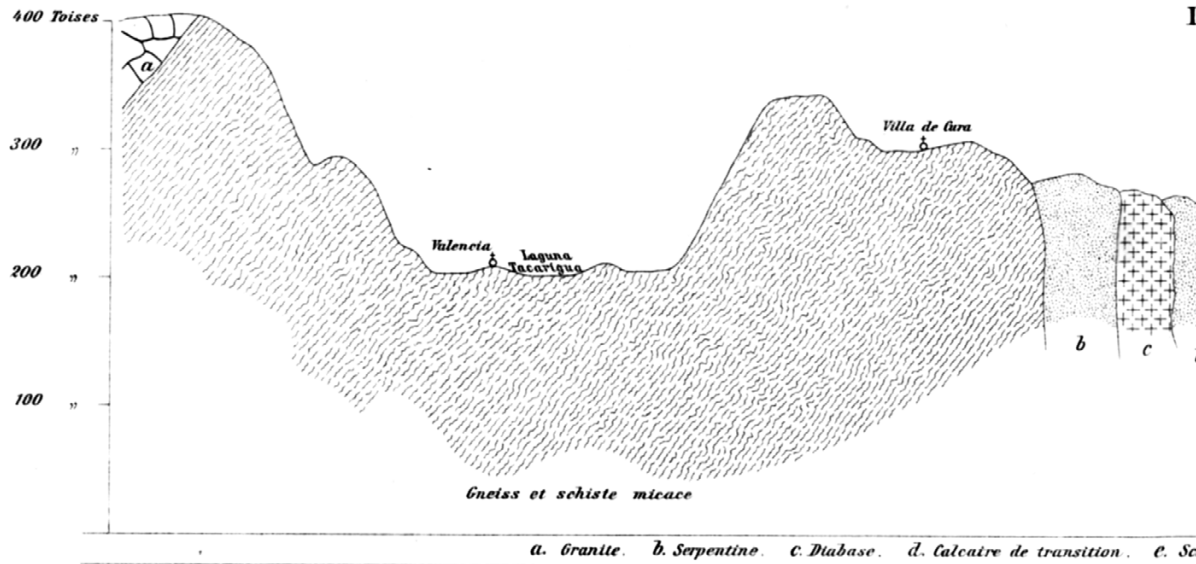
PLANCHAS



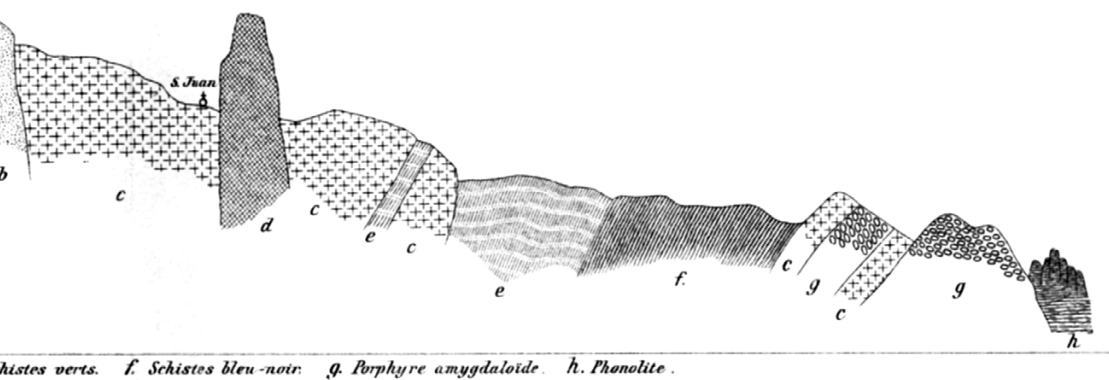




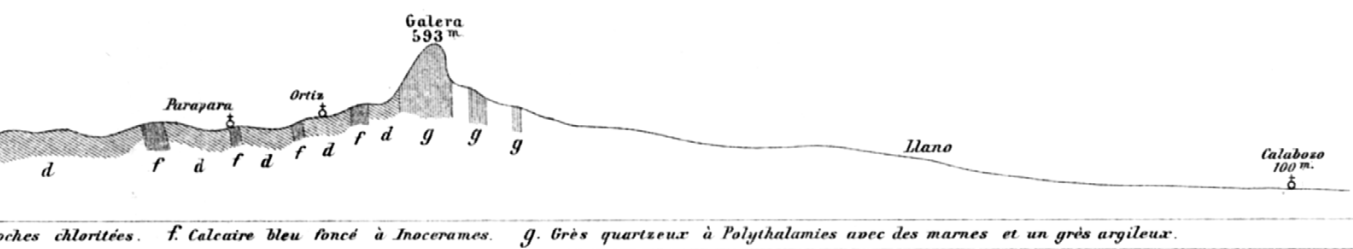
H. Karsten. Géologie de la Colombie Profils II



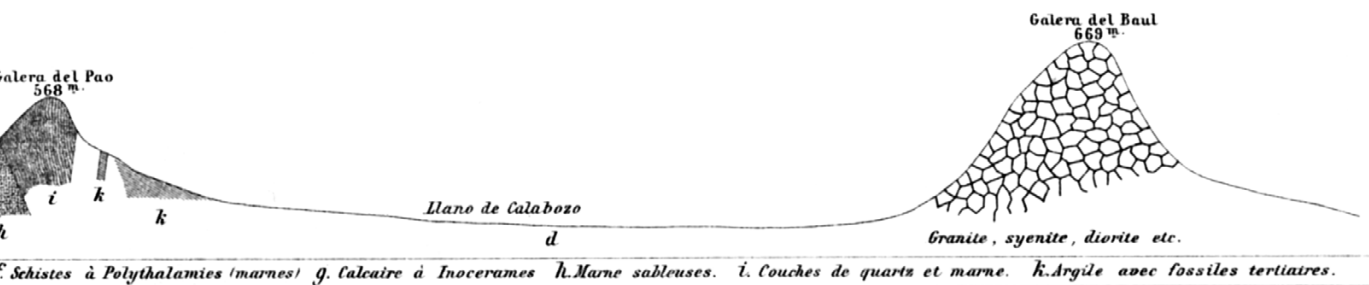
X



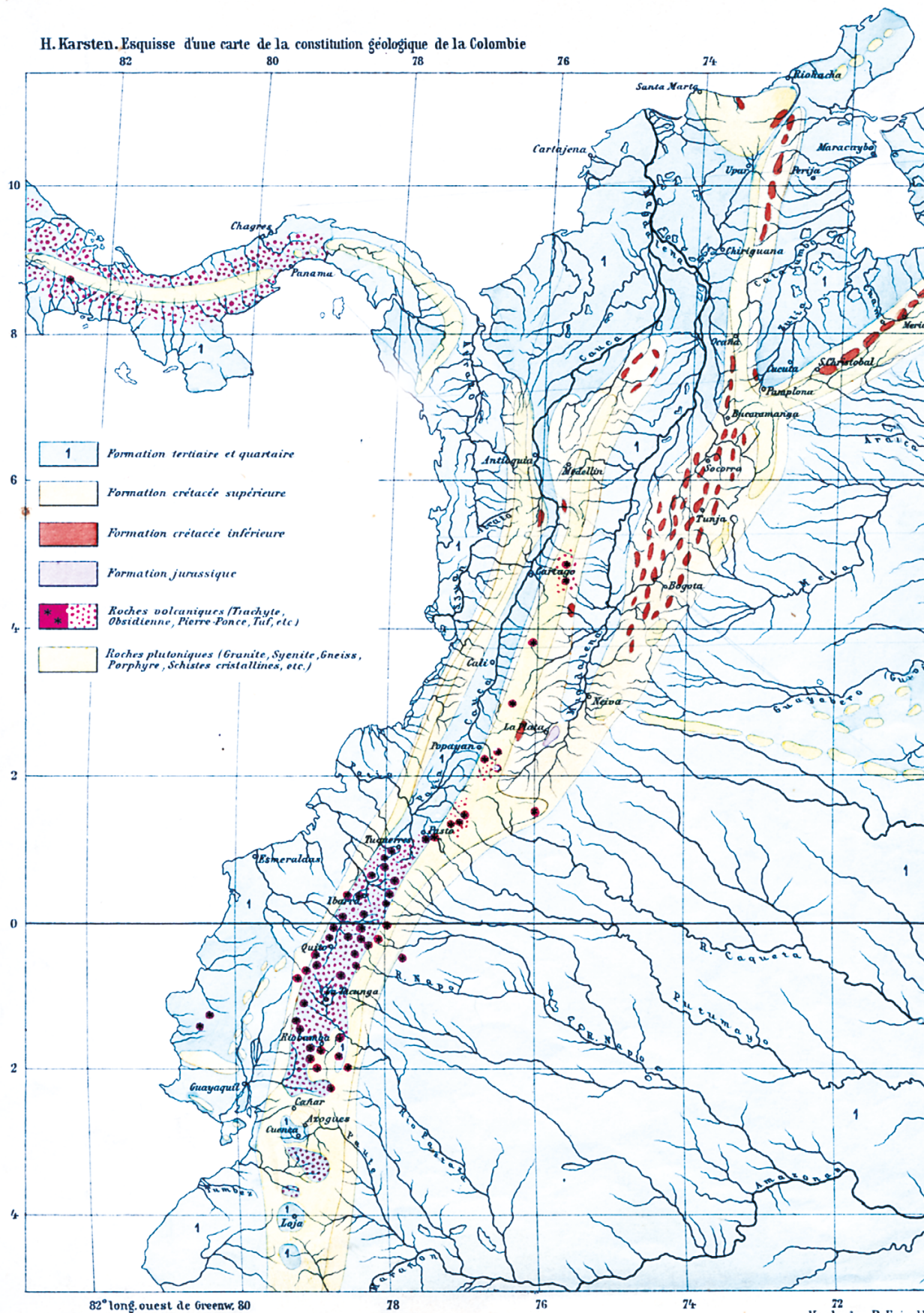
K



L



H. Karsten. Esquisse d'une carte de la constitution géologique de la Colombie



82° long. ouest de Greenw. 80

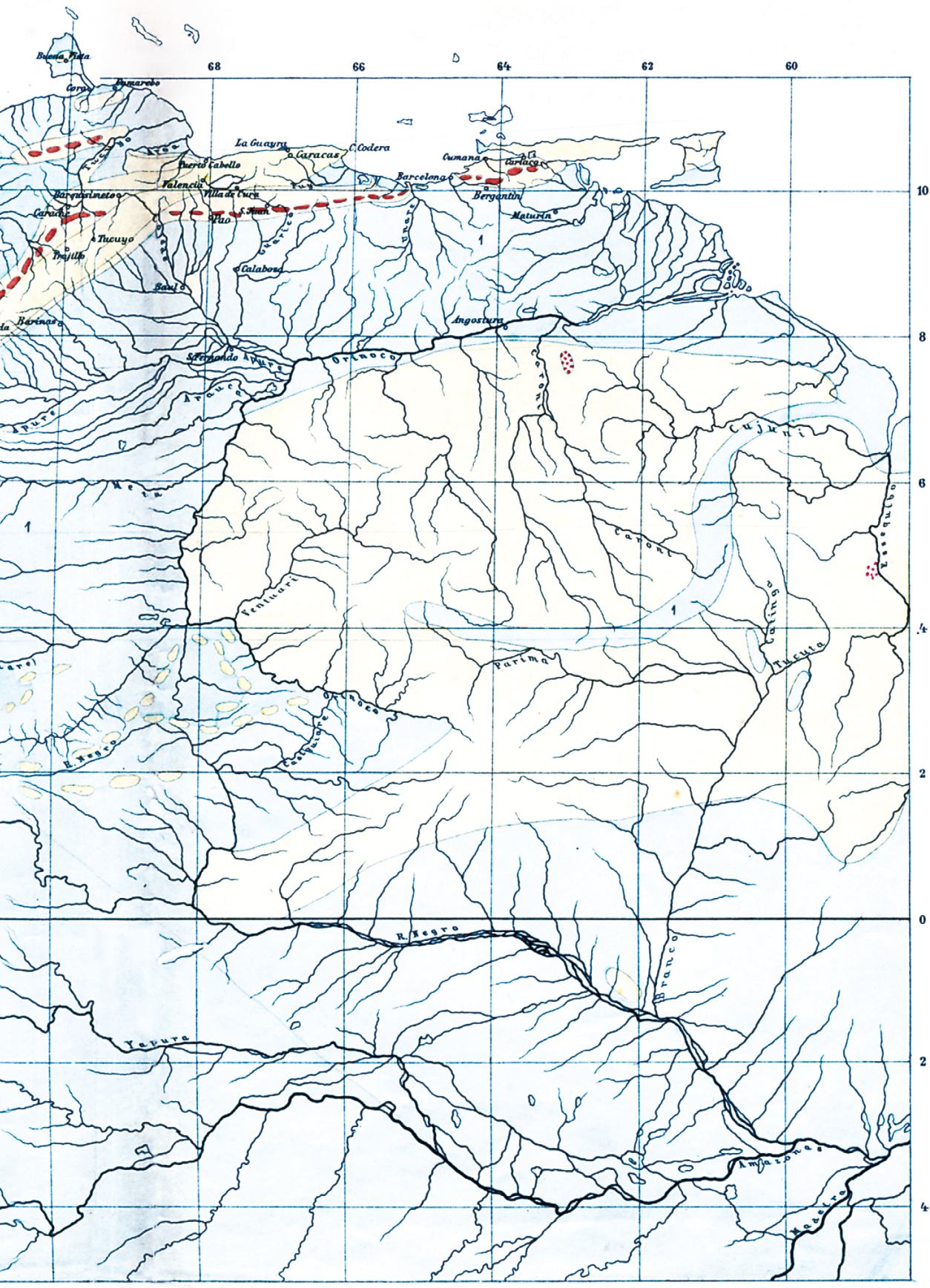
78

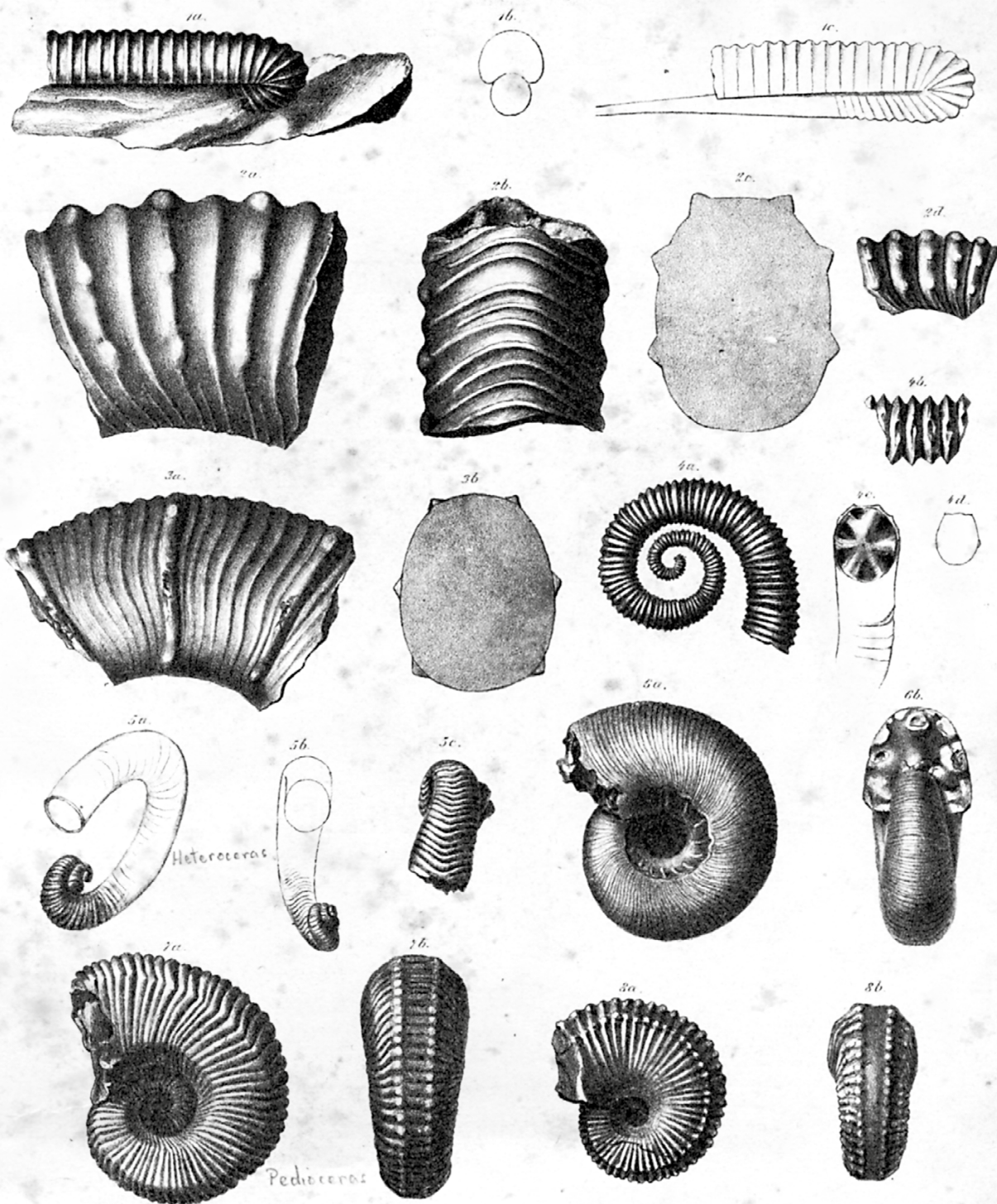
76

74

72

Verlag v. R. Friedl

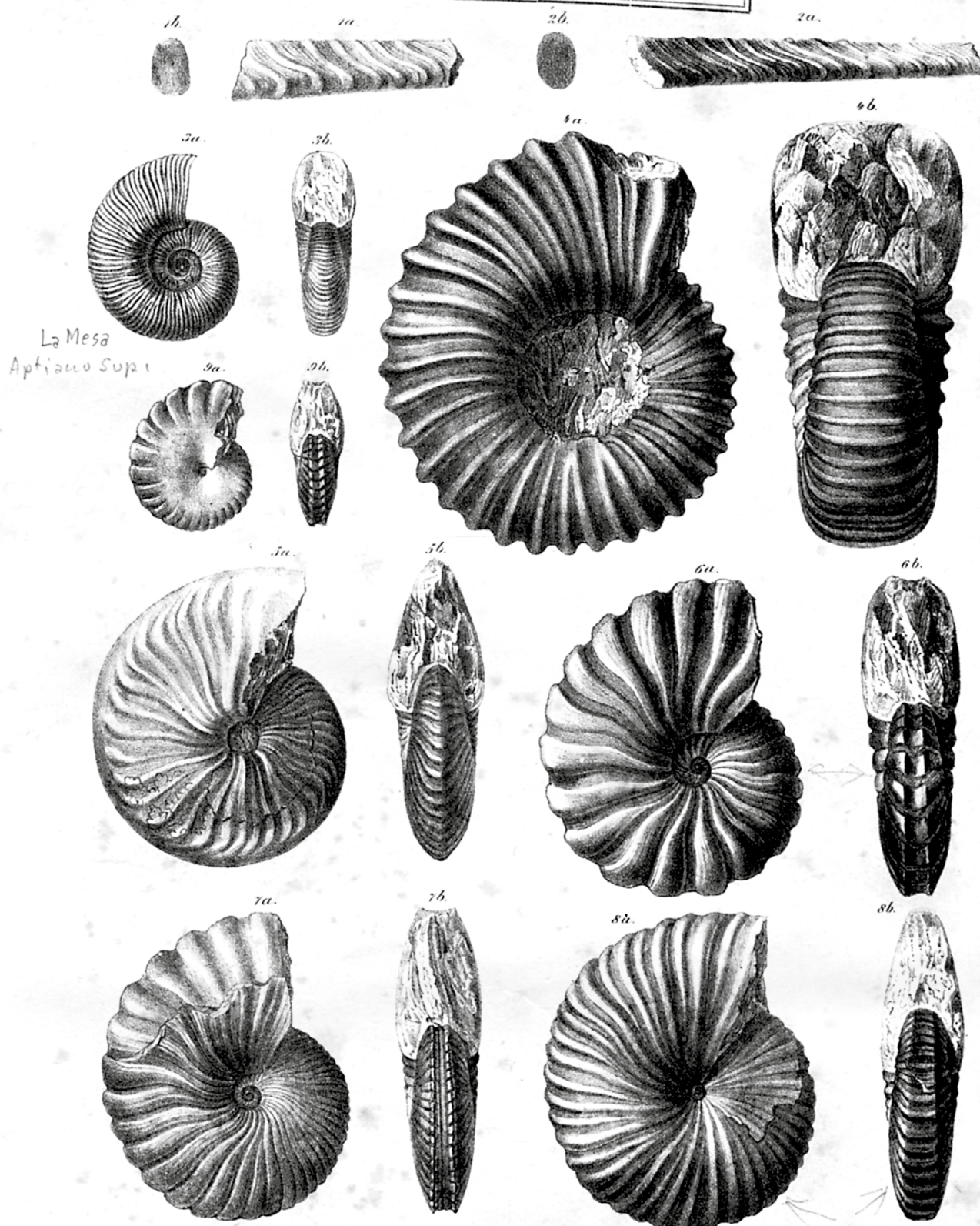




1. *Ptychoceras Humboldtianus* Krst.
2. *Hamites Degenhardtii* Burh var. *infatus*.
3. *Griocerat Duvallii* Leveille var. *undulatus*.
4. *Ancylloceras Breviceps* Krst.

5. *Lindigia helioceroides* Krst. *Heteroceras*
6. *Ammonites Noeggerathii* Krst.
7. " *Cuquesensis* Krst. *Pediceras*
8. " *Chaquensis* Krst.

Pediceras
Karsteniceras
ROYO 1945

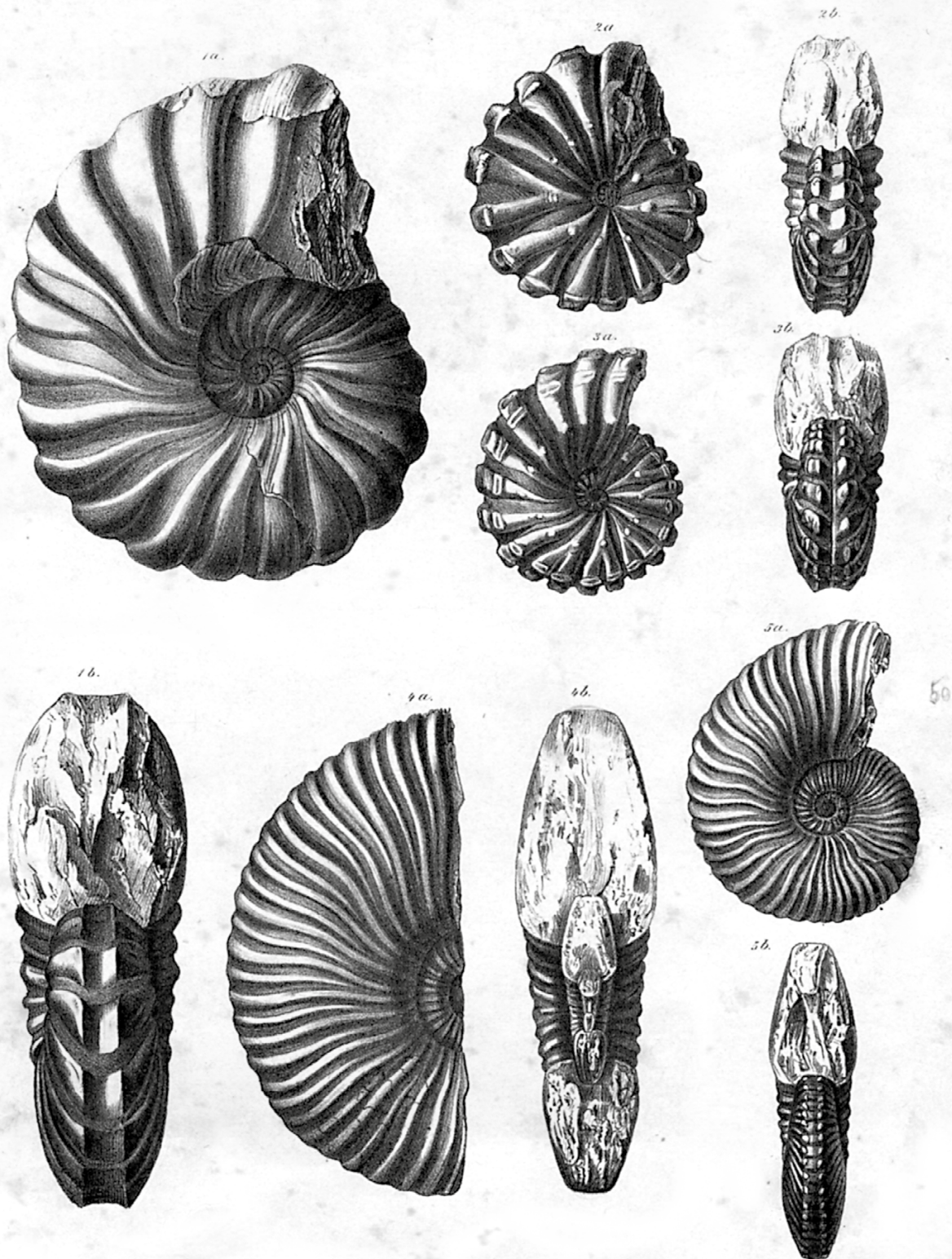


1. *Baculites granatensis* Krst.
2. " *Maldenati* Krst.
3. *Ammonites Trianae* Krst.
4. " *Roseanus* Krst.

2. *Ammonites compressissimus* d'Orb.

5. *Ammonites Leonhardianus* Krst.
6. " *galeatus* Buch.
7. " *Didayanus* d'Orb.
8. " *pulchellus* d'Orb.

Tissotia

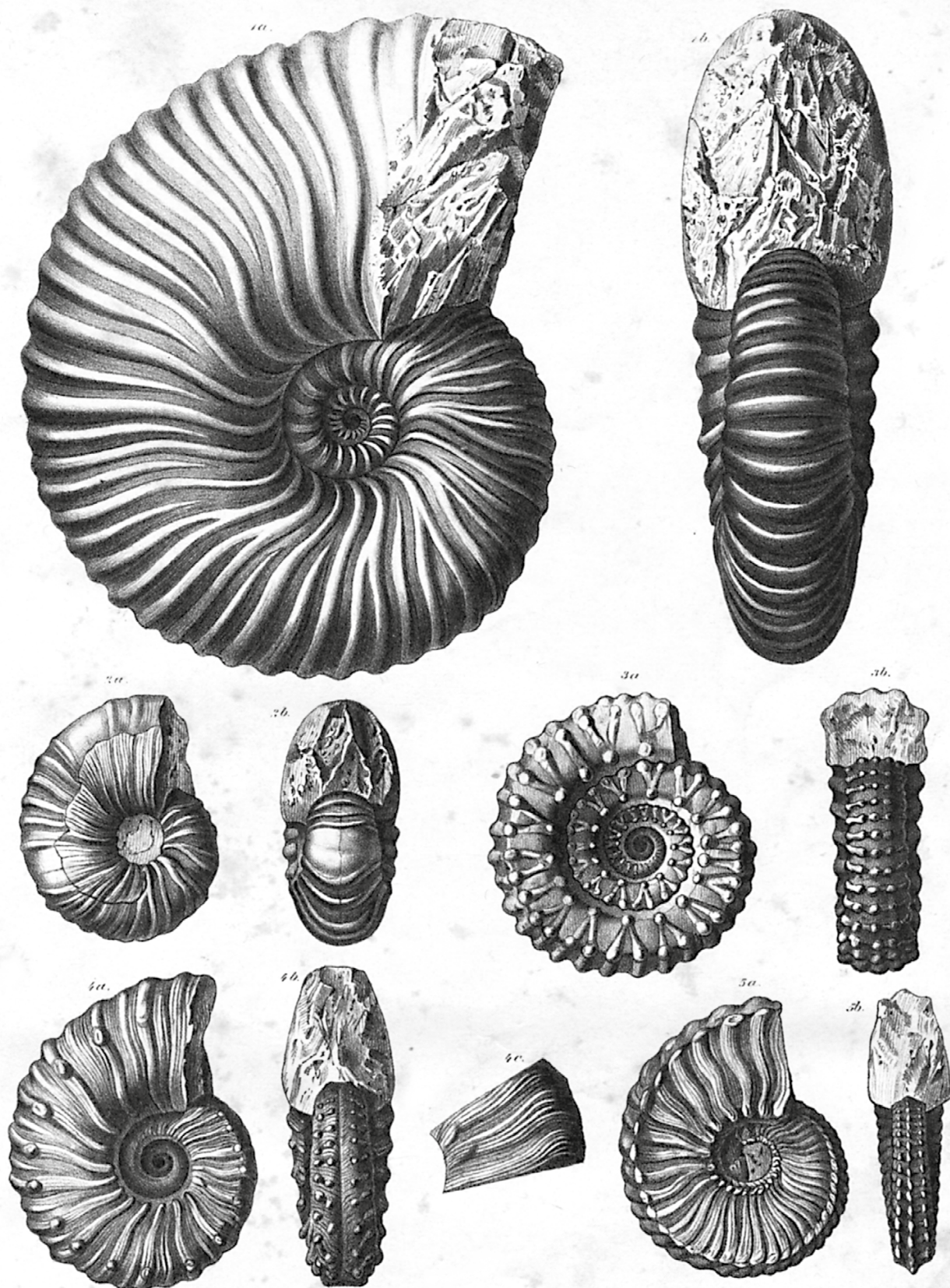


1. *Ammonites galatoides* Krst.

2. " *Caicedi* Krst.

3. *Ammonites Lindigii* Krst.

4.5 " *Coluzzianus* Krst.
Deshayesites



Fagesia ?
Vasodactylus ?

1. *Ammonites Treppmanni* Krst. non *ANTHULA*

2. " *Torvanni* Krst.

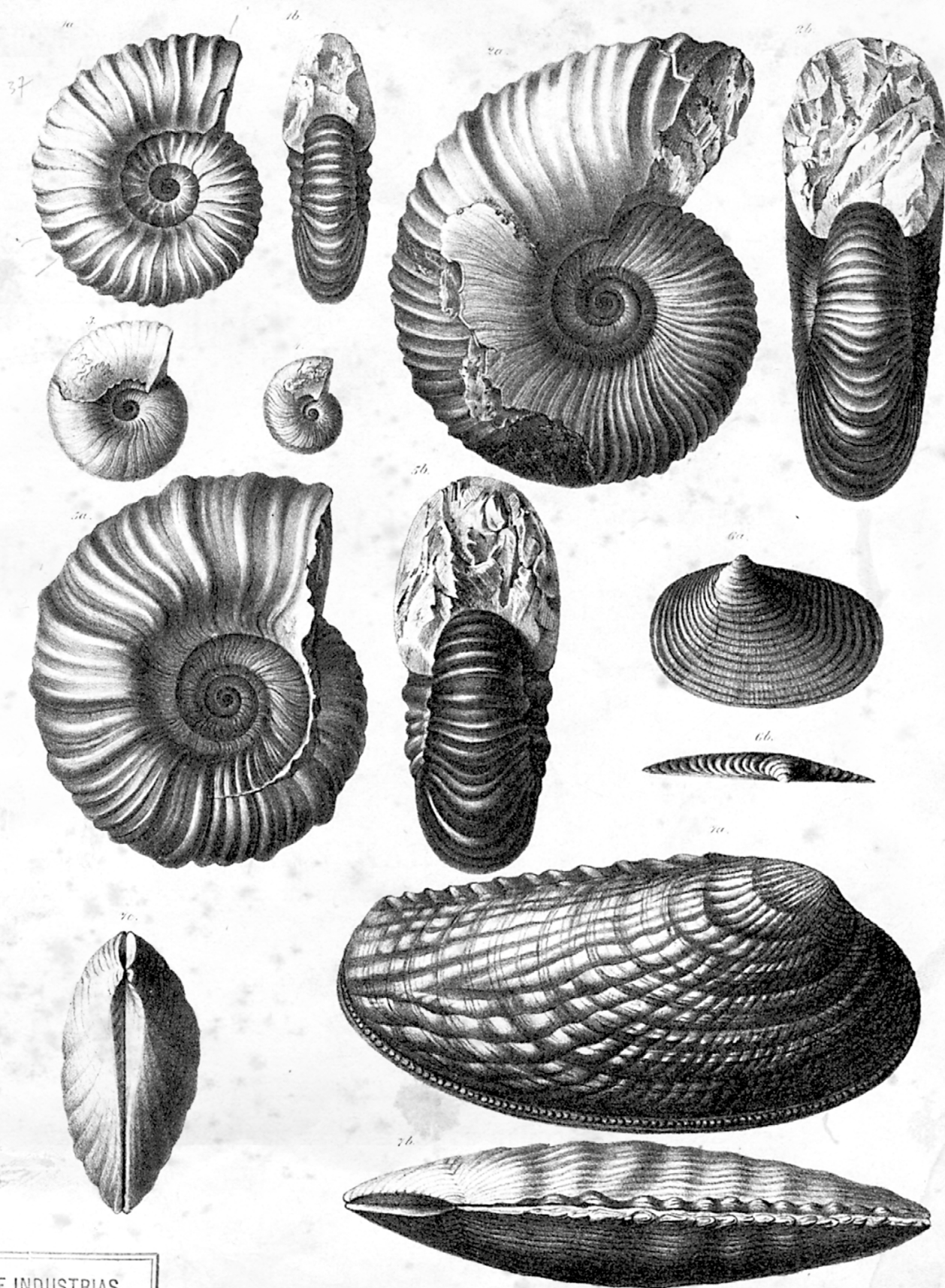
3. *Ammonites Osquiae* Krst.

4. " *Mosquera* Krst.

5. *Ammonites Barbacoensis* Krst.

MINISTERIO DE INDUSTRIA

Comisión Científica Nacional



MINISTERIO DE INDUSTRIAS

Científica Nacional

Deshayesites acosta KARSTEN según KARSTEN 1856

1. *Ammonites Karsteni* Murex

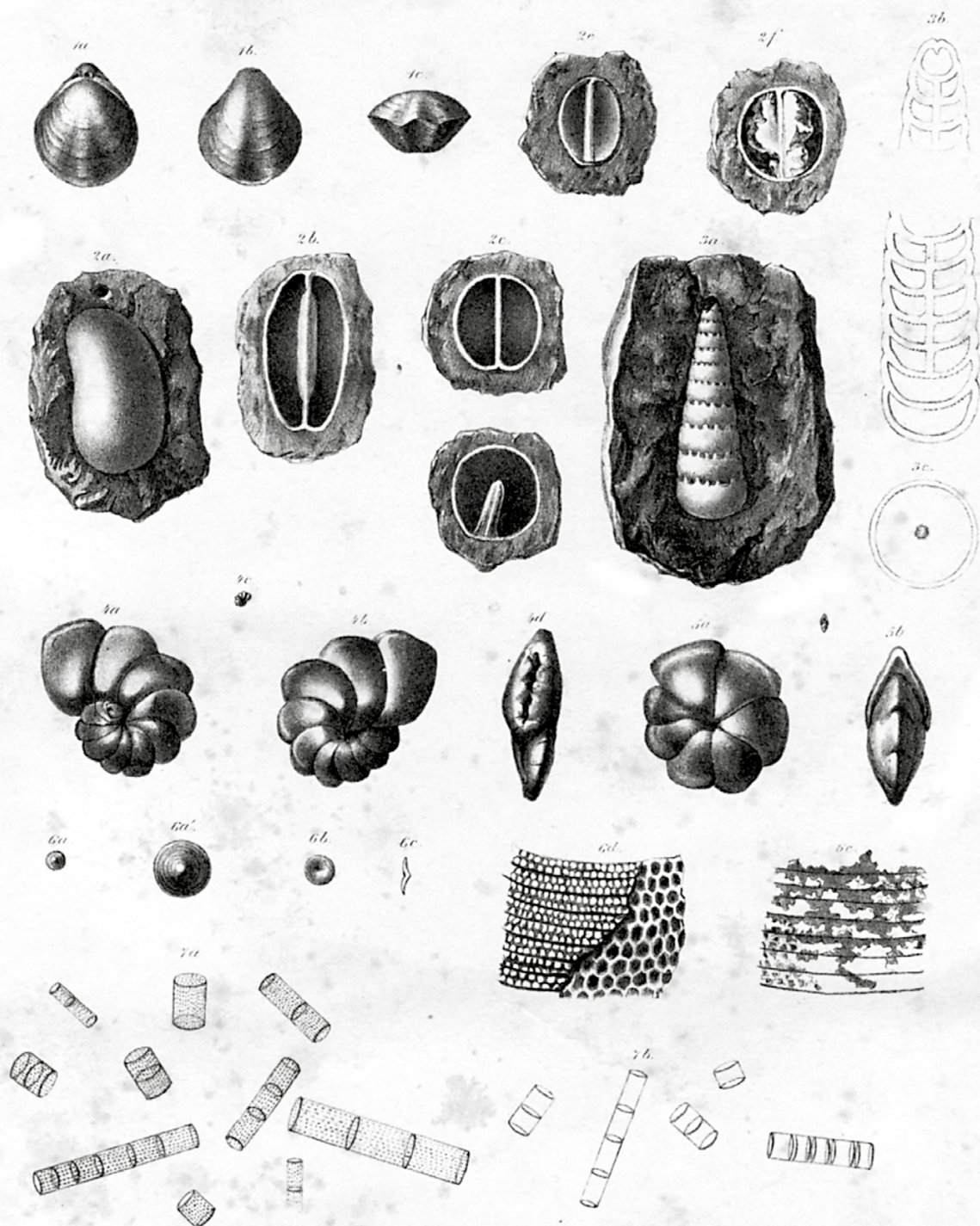
2, 3, 4. *Ammonites Hopkinsi* Forbes

Pseudoceras

5. *Ammonites Dufrenoyi* d'Orb.

6. *Ammonites Boemeri* Karst.

7. *Criquetella Buchiana* Karst.



1. *Terebratula Haueri* Karst.
2. *Cyclonaca Ramichaveae* Karst.
3. *Orthoceras Ewaldi* Karst.

4. *Planulina Zapotocensis* Karst.
5. *Robatula Sogamozae* Karst.
6. *Orbitulina Venezuelana* Karst.

7. *Gallionella decussata* Ehrbg.



