

NOTAS SOBRE
GEOLOGIA DE PANAMA

A. Rubio

1949

NOTAS SOBRE GEOLOGIA DE PANAMA

32 Mapas e Ilustraciones

ANGEL RUBIO
Profesor de Geografía.
Universidad de Panamá.

PANAMÁ, 1949

Publicado por el Departamento de Cultura y
Publicaciones del Ministerio de Educación.

Director:

PROFESOR BONIFACIO PEREIRA J.

TRABAJOS Y PUBLICACIONES
DEL AUTOR

Página 115

*Es propiedad del autor.
Derechos reservados.*
Copyright. 1949.*

Impreso en los Talleres de la IMPRENTA NACIONAL
Orden número 1666 — 1948.

A los eminentes geólogos

Dr. Richard M. Field Dr. Wendell P. Woodring

Modesto testimonio de reconocimiento.

Angel Rubio.

Estas “*Notas*” que hoy pasan a la imprenta han sido reunidas y compuestas para que puedan servir de instrumento de trabajo a nuestros alumnos de la Universidad Panameña que estudian Geografía de Panamá.

Han sido colectadas y ensambladas por un Profesor de Geografía con el fin de presentar, en un breve estudio, el estado actual del conocimiento geológico del Istmo de Panamá, los materiales petragráficos con que está constituido y la evolución geológica que ha llevado a la formación de sus elementos estructurales o grandes líneas de la arquitectura geográfica panameña, datos que son indispensables para la comprensión de la realidad geográfica básica.

Definidos así su alcance y objetivo, no ha intentado su autor añadir la más mínima contribución al avance del conocimiento geológico de esta región. Su modesta misión se ha ceñido al acopio de una masa de información dispersa en trabajos y revistas especializados, producto de geólogos

solventes que han laborado con paciencia y sabiduría en la carne viva de la Naturaleza Panameña, y a procurar su correcto resumen y ordenación de modo que ilustre acerca de cuanto se sabe ya por ellos — o por ellos se ignora o se duda todavía— sobre el origen y procesos evolutivos del Istmo.

Nada puede esperar ni encontrar aquí, por tanto, el geólogo profesional, el científico de campo interesado en el dato fecundo, de primera mano, sobre estos problemas —de incuestionable importancia— ni sobre sus posibles —y deseables— aplicaciones prácticas. Porque —guiados por fuentes estimables— hemos procurado llamar la atención sobre las posibilidades económicas que han de derivarse de una investigación severa de la riqueza mineral soterrada y olvidada.

En definitiva, este es un esfuerzo analítico mas de los múltiples que venimos haciendo desde hace años —la voluntad y el tesón como los resortes mas firmes de nuestro limitado equipo de estudiosos— con el anhelo de lograr la mayor comprensión posible sobre el conjunto de factores geográficos panameños y poder intentar el asalto final hacia la síntesis de su explicación geográfica regional. Eso es todo.

tributo de admiración y gratitud a los Doctores Terry y Olson, laboriosísimos investigadores de Geología Panameña; al sabio geofísico y respetado amigo Dr. Beno Gutenberg, quien tuvo la gentileza de enviarnos su excelente mapa sismológico de la región del Caribe; al Dr. Federico G. K. Mülleried, autor de un interesante Mapa Geológico de América Central, y, sobre todo y especialmente, al Dr. George W. Stose, compilador del "*Geological Map of North America*" (1946), de que tanta utilidad hemos derivado. Y la hacemos llegar, finalmente, al Departamento de Cultura y Publicaciones del Ministerio de Educación de Panamá, cuyo Director y amigo Don Bonifacio Pereira ha patrocinado la publicación de este estudio.

Con tales explicaciones salen a rodar las "*Notas sobre Geología de Panamá*", precedidas de un breve capítulo que resume el estado actual del conocimiento sobre la evolución geológica de la región de América Central y del Caribe, capítulo que estimamos necesario para la mejor comprensión de los problemas geológicos panameños. Ojalá que estas "Notas" contribuyan a acrecentar el interés por el conocimiento del Istmo Panamá y

en el mas breve plazo los alumnos universitarios superen los esfuerzos de su modesto profesor. Para que se cumpla en ellos la hermosa sentencia del gran explorador y geógrafo Nansen: *“El hombre necesita conocer y saber. Cuando deja de hacerlo, deja también de ser hombre”*. Y se haga vida realidad, vivificante, el prudente aserto del sapientísimo Santiago Ramón y Cajal: *“La ciencia se hace. Pero nunca está hecha.”*

Panamá, 12 de Julio de 1948

Angel Rubio.

INDICE DE MATERIAS

	Páginas
I. Geología de América Central	1
II. Geología de Panamá. Los Estudios Geológicos sobre el Istmo Panameño	23
III. Materiales Petrográficos. Rocas y Formaciones del Istmo de Panamá	35
IV. Factores Geológicos. Sismicidad	61
V. Elementos Estructurales del Istmo Panameño. Su Plataforma Continental	75
VI. Geología Económica de Panamá	93
VII. Resumen	107
VIII. Mapas e Ilustraciones	119

INDICE DE FIGURAS, MAPAS E ILUSTRACIONES

	Páginas
1. La columna geológica de América Central	121
2. Paleogeografía de América Central. Carbonífero y Pérmico . . .	123
3. Idem. Jurásico medio y superior	125
4. Idem. Cretáceo inferior	127
5. Idem. Cretáceo superior	129
6. Idem. Eoceno inferior	131
7. Idem. Eoceno superior	133
8. Idem. Oligoceno	135
9. Idem. Mioceno	137
10. Idem. Plioceno	139
11. Relaciones estructurales entre Panamá y el Noroeste de Amé- rica del Sur	141
12. Base del Istmo Panameño. Rocas preterciarias	143
13. Un bloque granítico exfoliado (Veraguas)	145
14. Cantera "Los Ladrillos" (Chiriquí)	147
15. Formaciones terciarias panameñas del Eoceno y Oligoceno . . .	149

I

GEOLOGIA DE AMERICA CENTRAL

HISTORIA GEOLOGICA DE AMERICA CENTRAL

El conocimiento geológico de América Central no parece haber pasado todavía de una fase teórica avanzada, no obstante los múltiples trabajos e investigaciones de campo efectuados en los últimos sesenta años, en diferentes regiones de la misma, y los esfuerzos recientes para presentar una síntesis de la formación geológica de esta gran región americana. Un hecho aparece claro: la evolución geológica centro-americana está estrechamente relacionada con la de las Antillas, Grandes y Pequeñas, con la formación del Golfo de México y la del Mar Caribe, y, probablemente, con la del noroeste de América del Sur.

Presentamos, a continuación, un breve resumen de las principales teorías emitidas desde las concepciones de Humboldt a los últimos esfuerzos sintéticos de Ch. Schuchert.

1.—EL SISTEMA CORDILERRANO AMERICANO CIRCUMPACIFICO. TEORIA DE A. HUMBOLD.

(*“Kritische Untersuchungen über die historische Entwicklung der Geographischen Kenntnisse von der Neue Welt”* (“Estudios críticos sobre la evolución histórica de los conocimientos geográficos del Nuevo Mundo”). Berlín. 1835-1852. 3 Vols.)

Para Alejandro Humboldt, el genial geógrafo de comienzos del siglo XIX y uno de los padres de la geografía científica moderna, el sistema de Cordilleras de América Central forma parte del gran Sistema de Cordilleras Americanas que, como inmensa columna vertebral, se extiende por el borde del Pacífico con dirección predominante norte a sur, a través de América del Norte, de América del Cen-

tro y de América del Sur. Esta gran Cordillera Americana Circunpaciífica forma a, su vez, parte del “*gran cinturón de fuego*” (cinturón de volcanes) que bordea todo el inmenso Océano Pacífico. La concepción de Humboldt, meramente geográfica, no se podía apoyar en datos geológicos posteriormente conocidos.

2.—EL GRAN ARCO ANTILLANO. TEORIA DE EDUARDO SUESS.

(“*Das Antlitz der Erde*” (“La faz de la Tierra”). Leipzig. 1885). No se discute al genial geólogo austriaco el mérito de haber presentado un primer cuadro de conjunto de la estructura geológica del globo, basado en los conocimientos adquiridos hasta la época de su concepción.

Suess creyó ver una gran línea estructural, lazo de unión entre América del Norte y del Sur, a través de un gran arco Antillano, posteriormente roto e interrumpido, que partiendo del sur de México (montañas de Oaxaca), gira hacia el Este, por las Cordilleras de Guatemala y Honduras, se prolonga por las Grandes Antillas, desde cuyo borde oriental tuerce con rumbo sur y desciende por el arco de las Pequeñas Antillas, para enlazarse, finalmente, y girar ahora hacia el oeste por las Cadenas Venezolanas. A través de la concepción de Suess, las estructuras septentrionales de América Central (Guatemala, Honduras y norte de Nicaragua) forman parte del gran arco antillano estructural. La teoría de Suess rompe la continuidad de la Cordillera Americana Circunpaciífica, en la forma concebida por Humboldt.

3.—LA DOBLE ESTRUCTURA GEOLOGICA CENTRAL. TEORIA DE KARL SAPPER.

(“*Mittel Amerika und Westindie*” (“América Central e Indias Occidentales”). Berlín 1925.) Sapper es considerado, con justicia, como uno de los mejores investigadores y conocedores de la geografía centro-americana, a la que ha dedicado muchos años de estudio y exploraciones directas en campo. Para Sapper existen en América Central dos estructuras geológicas perfectamente diferen-

ciadas: 1ª Los Sistemas montañosos del norte de América Central, que cruzan Guatemala, Honduras y la parte norte de Nicaragua, con orientación predominante de este a oeste. Por su composición petrográfica, presentan los materiales líticos mas antiguos y, por su estructura, esas montañas son debidas a grandes plegamientos. 2ª Las Montañas del sur de América Central (Costa Rica y Panamá) compuestas por materiales petrográficos más recientes y donde predominan las estructuras de origen volcánico (rocas intrusivas, extrusivas, etc.) La distinción permanece en pié, en sus líneas generales.

4.—EL SISTEMA ANTILLANO. TEORIAS DE ROBERT T. HILL.

(*"The geological history of the Isthmus of Panama and Portions of Costa Rica, based upon a reconnaissance made for Alexander Agassiz"* (*"Historia geológica del Istmo de Panamá y porciones de Costa Rica, basada en reconocimientos hechos por Alejandro Agassiz"*). Cambridge Museum. Harvard College. Geological Survey, Vol. 3. 1898). Este eminente geólogo es autor de otros muchos estudios sobre geología de Cuba, Puerto Rico y Haití. Mientras que Sapper ha centrado su atención al análisis de América Central, Robert T. Hill extendió sus exploraciones y trabajos a otras entidades geográficas de las Antillas.

A juicio de Hill, el Sistema Montañoso de América del Norte, que tiene una orientación general de norte a sur, termina en el gran escarpe que hace frente a la depresión del Istmo de Tehuantepec. Por otra parte, el Sistema Andino de América del Sur, que tiene también una orientación general de norte a sur, finaliza en la depresión estructural que drena el río Atrato, en el noroeste de Colombia.

Frente a las grandes estructuras cordilleranas de América del Norte y del Sur, ambas de rumbo norte a sur predominante, todas las grandes líneas estructurales de América Central, de las Grandes Antillas, del Mar Caribe

y de las costas septentrionales de Venezuela, son tranversales a los sistemas norteamericano y suramericano, y presentan un rumbo general de este a oeste.

El Sistema Antillano es una gran faja montañosa que rodea al hundido Mar Caribe. En esta orla estructural predominan los rumbos montañosos este a este, que son los más antiguos. En la era terciaria se origina un sistema de montañas de origen volcánico, con dirección diagonal a los pliegues mas antiguos del Sistema Antillano. Este posterior sistema de montañas volcánicas forma dos grandes bandas que bordean al Pacífico: 1ª Sigue por Chiapas (sur de México), Guatemala y Honduras; 2ª Corre por el sur y oeste de Nicaragua, por Costa Rica y por todo el Istmo Panameño.

5.—LA INDIVIDUALIDAD GEOLOGICA Y GEOFISICA DE AMERICA CENTRAL, LINEA DE DEBILIDAD TECTONICA. TEORIA DEL INGENIERO PEDRO SANCHEZ.

(*"América Central. Donde comienza. Donde termina."* Publicación N° 25 del Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Tacubaya. D. F. México). El ilustre geógrafo y geofísico, Ingeniero Pedro Sánchez, es Director del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, que tiene su sede en la capital mexicana. Las conclusiones que a continuación resumimos descansan en trabajos gravimétricos efectuados en campo por diversas regiones centroamericanas: observaciones científicas de volcanes, sismos e isanomalías de la gravedad, llevadas a cabo en Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua (1936).

América Central es una gran línea de debilidad tectónica de la corteza exterior terrestre. Hay en ésta tres grandes depresiones que se extienden en sentido longitudinal (norte a sur, predominante): 1ª La gran cuenca del Pacífico; 2ª La menos profunda del Atlántico y 3ª La del Océano Indico. Todavía existe una cuarta depresión, pero ésta es transversal a las anteriores y se extiende en sentido de los paralelos: es la depresión mediterránea. Los volcanes se acumulan en los contornos de las zonas deprimidas y con mayor intensidad en aquellas regiones don-

de la depresión transversal o mediterránea corta o interseca a alguna de las tres grandes depresiones longitudinales. Así ocurre en México y en las Antillas, donde la depresión mediterránea corta a la pacífica. Así acontece también en las Islas de la Sonda (Insulindia), donde se produce otra intersección mediterránea-pacífica.

Volcanes y sismos se sitúan siempre en el flanco mas inclinado de las arrugas de la corteza, allá donde se acusa más la disimetría del relieve y donde, al mismo tiempo, hay mas acumulación de elemento líquido (hidrosférico). La frecuencia e intensidad de los sismos permite apreciar que los lugares donde las sacudidas sísmicas son mas acentuadas forman líneas de menor resistencia de la corteza, en tanto que son líneas de grandes fracturas o fallas de la misma por las cuales emergen los volcanes; ello explica que los volcanes aparezcan dispuestos en alineamientos rectilíneos. Volcanes y sismos son reacciones provocadas por la energía interna del globo. Su fuerza originaria es la necesidad de que se verifique el equilibrio isostático que provoca grandes movimientos de los fluídos internos (magmas) existentes en las capas profundas de la corteza terrestre, en la llamada esfera pastosa o débil (astenosfera) que se extiende por debajo de la costra sólida rocosa y rígida de la litosfera.

Según la teoría de la isostasia (igualdad de equilibrio) formulada por Dutton (1879), existe un estado de equilibrio gravitacional entre bloques o áreas contiguos de la corteza terrestre que tienen diferencias de altitud y relieve. El cálculo demuestra que una plomada suspendida sobre una llanura o una meseta no es desviada suficientemente por la masa de una montaña que se levanta próxima a la llanura o a la meseta. Esta insuficiente desviación—que constituye una anomalía de la gravedad— sugiere que las rocas de que la montaña esta compuesta presentan una deficiencia de masa en comparación con las rocas que componen la llanura o la meseta, desde la cual se ha hecho la observación pendular. La montaña ha reaccionado a esta medida gravimétrica, o de intensidad gravitatoria, como si estuviera hueca. (Field)

Los instrumentos usados en las observaciones geofísicas para determinar la gravedad absoluta y relativa son:

el péndulo simple o compuesto, la balanza de torsión de Eötvös y el gravímetro. Permiten medir las anomalías de la gravedad y determinar si una masa terrestre presenta una densidad mayor que la densidad media de la corte terrestre (anomalía positiva) o si tiene, por el contrario, una densidad menor que la media de la corteza terrestre (anomalía negativa). La observación de estas anomalías gravimétricas ha permitido a los geofísicos apreciar que los continentes son menos densos que las grandes cuencas oceánicas y que las regiones montañosas son mas pesadas que las áreas adyacentes situadas a nivel del mar, pero no en proporción a su volumen (Field).

La teoría del equilibrio isostático explica que grandes áreas continentales que han sido denudadas y aplanadas por la erosión (con la consiguiente pérdida de masas y relieve) hayan experimentado luego levantamientos totales o parciales (con el consiguiente aumento de masa y relieve) que han hecho recuperar el equilibrio gravitacional.

Las medidas gravimétricas hechas por el Ingeniero Pedro Sánchez en el Eje Volcánico Mexicano (inmensa línea de volcanes situados en alineamiento recto sobre el paralelo 19º de latitud norte; una especie de volcán que ha caminado sobre una gran línea de falla) y en diversas regiones de América Central (Guatemala, Honduras y Nicaragua), permitieron reconocer las anomalías de gravedad existentes en el puente terrestre de los Istmos Centro-americanos. Una interpretación de estas anomalías de la gravedad revela en las anomalías positivas un exceso de masa y en las negativas un defecto de ella. Como consecuencia, el fluído interno, magmático, de la astenosfera debe tender a moverse de las regiones de mayor masa y densidad a las de menor masa y densidad a fin de conservar el equilibrio isostático; estos movimientos profundos explican la agitación de la corteza que ha producido y sigue produciendo en América Central los frecuentes sismos o temblores y la emergencia de numerosos volcanes a través de grandes líneas de fracturas, inmensas fallas y volcanes que aparecen dispuestos en ejes de alineamiento rectilíneo. Se aclara, pues, la intensidad y extensión de las formaciones volcánicas y la aparición de grandes núcleos de rocas efusivas (andesitas, traquitas, riolitas y basaltos) en las estructu-

ras que dominan en América Central, estructuras dispuestas en estas dos grandes direcciones: 1ª De noroeste a sureste (NW. a SE.) y 2ª De este a oeste (E. a W.). La estructura que arrumba de NW. a SE. es característica de estos dos Ejes volcánicos centroamericanos: 1º El Eje Volcánico Guatemalteco-Salvadorenño que corre desde el Volcán Tacaná (en la frontera mexicano-guatemalteca) hasta el Golfo de Fonseca; y 2º El Eje Volcánico Nicaragüense, que desde el Volcán Cosigüina (en el Golfo de Fonseca) llega hasta el Volcán de Chiriquí, en Panamá.

La determinación de los límites de América Central (Eje Volcánico Mexicano del Paralelo 19º Norte a la depresión del Atrato) descansa en la prueba de las anomalías negativas gravimétricas, establecidas por el Ingeniero Sánchez (1938).

6.—EL CONCATENAMIENTO GEOLOGICO DE AMERICA CENTRAL Y AMERICA DEL SUR. TEORIA DE TROLL.

(“*Die geologische Verkettung Süd und Mittelamerika*”, (“El encadenamiento geológico de América Central y del Sur”). “*Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft*”. Vol. XXIII. pp. 1-24. München. 1924.) La morfología actual de América Central, establece Troll, data de fines de la era terciaria (neógeno). Hay en ella dos grandes estructuras: 1ª El Sistema orográfico septentrional que presenta curvas estructurales antillanas. Lo forman los sistemas de Cordilleras paralelas de Guatemala y Honduras agrupadas en una gran comba abierta hacia el norte y que tienen su prolongación estructural en los núcleos orográficos de las Antillas Mayores. Estas Cordilleras están compuestas por sedimentos primarios (predominantemente carboníferos), secundarios y terciarios. En Guatemala y El Salvador hay, además, núcleos montañosos de andesitas y basaltos. El levantamiento de estos distintos bloques de Sierras tuvo lugar a fines del terciario (plioceno superior) a lo largo de grandes líneas de fracturas (fallas) y con rumbo de Este a Oeste.

Los núcleos volcánicos de Guatemala y El Salvador han sido originados por una intensísima actividad volcáni-

ca de la era terciaria que construyó grandes conos de mas de 4,000 metros de altitud. En Honduras y Nicaragua el magma fluido y las masas de rocas efusivas se extendieron en forma de mantos sobre grandes superficies y cubrieron relieves mas antiguos.

2º El Sistema orográfico meridional de América Central, formado por curvas estructurales andinas, comienza al sur de Nicaragua y se prolonga por la Cordillera de Guanacaste (Costa Rica) y la de Talamanca para formar una gran "S" en las Cordilleras de Panamá y unirse con el sistema orográfico de los Andes Septentrionales, en su ramal de los Andes Occidentales colombianos o Cordillera del Chocó. La depresión del Atrato es, a juicio de Troll, una gran falla que corta transversalmente los alineamientos orográficos que desde los Andes Occidentales se prolongan por las Serranías Volcánicas de Panamá y Costa Rica.

El Sistema orográfico meridional centroamericano ocupa, pues, Costa Rica y Panamá y se subdivide aquí en una Cordillera principal, una depresión Central (prolongación estructural de la del Atrato) y los restos de una Cordillera Costera del Pacífico cuyos residuos se encuentran en los débiles relieves de las Penínsulas de Nicoya, Ossa, Burica, Azuero, y en los grupos insulares de Coiba y del Archipiélago de las Perlas.

7.—EVOLUCION GEOLOGICA DE AMERICA CENTRAL. TEORIA DE CH SCHUCHERT.

(*"Geological history of the Antillean Region"* ("Historia Geológica de la Región Antillana"). *"Bulletin of the Geological Society of America"*. Vol. 40. pp. 337-360. March. 1929; y Schuchert (Charles, *"Historical Geology of the Antillean-Caribbean Region"*. New York. John Wiley. 1935. ("Historia geológica de la Región Caribe-Antillana").

Por ser la última gran construcción teórica acerca de la evolución geológica de América Central, resumimos finalmente las teorías del ilustre geólogo norteamericano Charles Schuchert, enunciadas en 1929 y ampliamente desarrolladas en 1935.

a).—EL COMPLEJO BASAL CENTRO AMERICANO, ANTILLANO Y DEL CARIBE.

Toda esta gran región Centroamericana, Antillana y del Caribe descansa sobre una base profunda, complejo basal o núcleo antiguo de rocas (“*ancient core*”) cristalinas y metamórficas precámbricas, que a florán en algunos lugares, como en el sur de México (Oaxaca, Chiapas) y en el sur de Guatemala y de Honduras. La mayor parte de este núcleo basal o *protaxis* presenta en América Central un rumbo Este a Oeste y está ligeramente encurvado hacia el sur. (Véase Figura 1).

Las Grandes Antillas —que datan en su mayor parte de las eras secundaria (cretáceo) y terciaria— descansan también sobre un complejo basal de rocas metamórficas primarias o paleozoicas.

El gracioso arco insular de las Antillas Menores se ha formado por volcanes submarinos cuya actividad se inicia ya en la era secundaria (cretáceo) y se desenvuelve plenamente durante la terciaria.

Las regiones septentrionales de América del Sur (Colombia y Venezuela) presentan en sus núcleos montañosos algunas formaciones primarias, pero están compuestas en su mayoría por formaciones secundarias (cretáceo) y terciarias. Gran parte del área que en tiempos geológicos muy antiguos bordeó por el norte a América del Sur (el bloque llamado “*La Paria*” por el geólogo Guppy) fué afa-llado y hundido bajo las aguas del actual Mar Caribe; tal vez son residuos suyos algunas porciones de la Isla Trinidad y de la de Tobago, próximas a la costa venezolana.

Gran parte de la llanura que por el sur de Estados Unidos bordea al Golfo de México, así como las tierras bajas del este de México, de Yucatán, Florida y, en parte, de Cuba, están recubiertas por formaciones secundarias (cretáceo) y espesos mantos terciarios.

Pero toda esa extensa área regional descansa sobre el núcleo basal de rocas cristalinas y metamórficas precámbricas.

b).—LOS GRANDES BLOQUES ESTRUCTURALES CENTROAMERICANOS Y ANTILLANOS.

Schuchert distingue los siguientes:

1º *La llanura bordera del Golfo de México.* Antigua unidad formada por estratos horizontales, subsistentes aún, que van desde Texas a Florida y reaparecen mas al este en el banco de las Bahamas. En tiempos paleozoicos o primarios esta tabla estratificada se extendía mas hacia el sur y ocupaba partes, ahora hundidas, del Golfo de México. En la era secundaria (periodo jurásico) la inmensa llanura sedimentaria fué invadida por las aguas del Atlántico en una gran transgresión marina y una parte de la estructura tabular se partió y hundió. En la era terciaria (oligoceno y plioceno) ocurrieron nuevas fracturas y hundimientos de bloques que, rellenos por aguas marinas, vinieron a formar el actual Golfo de México.

2º *El Mediterráneo Caribe.* Esta profunda cuenca, actualmente cerrada, fué, con toda probabilidad, un brazo occidental de la gran depresión transversal terrestre que E. Suess llamó la “*Tethys*” mediterránea. Ahora, la cuenca del Caribe es mas compleja, mas extensa y profunda que el Golfo de México. Se halla situada entre dos grandes masas continentales. En sus fondos submarinos se advierten huellas de plegamientos orientados de nordeste a suroeste (NE. a SW). Está subdividida en dos grandes fosas o cubetas de diferente profundidad, formadas por grandes hundimientos ocurridos en la era terciaria o cenozoica. Durante el plioceno se producen formidables fallas o fracturas al oeste de las Antillas Mayores que dieron lugar a la alargada y profundísima fosa de Barlett.

3. *El puente terrestre de Costa Rica y Panamá.* El antiguo Mar Caribe se prolongaba abierto hasta el Pacífico; el levantamiento del puente terrestre Costa Rica-Panamá cortó tal comunicación y enlazó América del Sur con América Central. ¿Cuándo ocurrió ese levantamiento? Los mas viejos volcanes de Panamá están recubiertos por formaciones que pertenecen al comienzo de la era terciaria (periodo eoceno), lo que permite crear que el puente Costa Rica-Panamá se formó, de modo mas o menos completo, avanzada la era secundaria: en el Cretáceo superior. Su

formación parece haber comenzado por movimientos de la corteza ocurridos a fines del período jurásico, que fueron levantando un puente suubmarino sobre el cual se desarrollaron numerosos volcanes. Levantamientos posteriores hicieron del puente un área emergida continua y ancha. Ocurrieron con posterioridad hundimientos, durante los cuales mares poco profundos —transgresiones marinas— ocuparon todo o partes de dicho puente. Bien mediada la era terciaria, —ya en el período mioceno— los movimientos verticales de elevaciones han predominado sobre los de hundimiento y, desde entonces, el portal Costa Rica-Panamá ha permanecido cerrado; así lo atestigua el intercambio de mamíferos entre América del Norte, del Centro y del Sur a partir del propio mioceno. Después de cerrado el estrecho panameño, hubo todavía en la era terciaria (período plioceno) otra nueva comunicación marina entre el Caribe y el Pacífico a través de la depresión del Istmo de Tehuantepec, emergida mas tarde.

4. *El puente terrestre de América Central y las Antillas Mayores.* La parte norte de América Central estuvo conectada en tiempos primarios —probablemente precámbricos— con las Antillas Mayores; Honduras y Nicaragua, se prolongaban hasta Jamaica, Haití y Santo Domingo. Este puente terrestre permitió que floras y faunas de las regiones septentrionales de América Central se extendiesen entonces por las Grandes Antillas. Durante el Eoceno, Oligoceno y la mayor parte del Mioceno, la comunicación entre el norte de América Central y América del Sur quedó interrumpida por un mar poco profundo situado en la depresión sur de Nicaragua y al norte del portal Costa Rica-Panamá. Cerrada esta comunicación marina, existió durante el Mioceno y el Plioceno otro canal por el actual Istmo de Tehuantepec que quebró temporalmente la comunicación terrestre entre América Central y América del Norte. Durante el mismo Plioceno las grandes Antillas quedaron separadas, como resultado de grandes fracturas o fallas, de América Central, formándose las entidades geográficas actuales con los contornos que conservan.

5. *El Arco Volcánico Caribe de las Antillas Menores.* Lo forma la media luna de volcanes, convexa hacia el A-

tlántico, sobre que descansan las Antillas Menores. Se ignora con certeza cuando se originó y no existe evidencia geológica ni submarina de que este arco haya sido un puente terrestre continuo que soldara las Grandes Antillas con América del Sur. Muchos de sus volcanes se han levando a comienzos de la era terciaria (Eoceno).

6. *Isla Barbados.* Se levanta en el área movediza que existe entre el gran bloque continental suramericano y los abismos del Caribe, presentando, como fenómeno curiosísimo, cubiertas de formaciones y depósitos oceánicos que debieron acumularse cuando esta isla estuvo hundida, a grandes profundidades, durante el período mioceno. Su levantamiento ha debido ocurrir durante el Plioceno y Pleistoceno.

7. *Las Bahamas.* Constituyen una prolongación estructural de las llanuras de Florida. Las islas centrales y el grupo del sureste, que dan frente al Atlántico, presentan estructuras volcánicas recubiertas de espesos mantos de calizas. La llanura Florida-Bahama no parece haber tenido conexión terrestre con las Antillas.

c).—PRINCIPALES ETAPAS DE DIASTROFISMO EN AMERICA CENTRAL.

La palabra “*diastrofismo*” incluye todos los movimientos de la corteza terrestre, ya sean movimientos súbitos y bruscos, como los sismos, o bien movimientos lentos y prolongados, como los movimientos orogénicos, a que se deben muchas montañas, las grandes fracturas y fallas de la litosfera o los movimientos epirogénicos de levantamientos y hundimientos de bloques de la corteza estimulados por el proceso de compensación isostática.

Schuchert distingue en la región centroamericana y antillana cuatro períodos de grandes movimientos orogénicos: en tres de ellos predominan los plegamientos y en el cuarto las fracturas y fallas acompañadas de plegamientos locales. Son los siguientes:

Primer período orogénico. Parece datar de tiempos proterozoicos, anteriores a la era primaria o paleozoica. Durante él, el complejo basal centroamericano —grandes

masas de granitos y rocas sedimentarias fuertemente metamorfoseadas— quedaron denudadas y peneplanadas antes de que comenzaran las grandes transgresiones marinas a fines de la era paleozoica (probablemente en el período devónico).

Segundo período orogénico. Ocurre al finalizar la era primaria, cuando se pliegan las montañas del centro y oeste de Cuba, que entonces estaban enlazadas con las de Jamaica, Honduras y sur de Guatemala; todos estos pliegues presentan rumbo este a oeste.

Tercer período orogénico. Comienza avanzada la era secundaria, a finales del período cretácico y finaliza ya entrada la era terciaria, en el período eoceno inferior. Esta gran revolución orogénica, mejor conocida, formó plegamientos de la misma orientación general este-oeste, que los pliegues del segundo período orogénico de fines del paleozoico. Las Cadenas montañosas de Honduras Británica fueron entonces, con probabilidad, una gran anticlinoria dominante que se extendía, formando un gran arco convexo hacia el norte, a través del actual Mar de las Antillas y por Cuba, Haití, Santo Domingo, Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Otra gran anticlinoria corría por el sur de Guatemala, norte de Honduras y llegaba hasta Jamaica. Separaba ambas anticlinorias un gran valle deprimido, que se hundió bajo el mar a fines de la era terciaria; en el Plioceno, nuevas fallas y hundimientos acaban por formar la profundísima fosa de Barlett.

Cuarto período orogénico. Se inicia en el período Mioceno y alcanza su intensidad máxima en el Plioceno. Predominan en esta revolución geológica final los movimientos epirogénicos sobre los orogénicos, es decir, las fallas, hundimientos y levantamientos sobre los plegamientos. A consecuencia de tan intensos movimientos se profundiza más la gran cubeta del Mar Caribe, se fragmentan las Grandes Antillas y se cierra definitivamente la comunicación marina entre el Caribe y el Pacífico. La región centroamericana-antillana queda perfilada con sus entidades y contornos geográficos actuales.

d).—PALEOGEOGRAFIA CENTRO-AMERICANA Y DEL CARIBE.

Síntesis de la teoría de Schuchert.

Era Primaria o Paleozoica. Comprende los siguientes períodos: Cámbrico, Ordoviciano, Silúrico, Devónico, Carbonífero y Pérmico.

Después de haber ocurrido los dos primeros períodos orogénicos, las entidades y contornos paleogeográficos están dispuestos del modo siguiente: El Oeste de América del Norte descende hacia el sur por un gran puente terrestre que ocupa la Baja California y el oeste del actual México, adelgazándose a medida que avanza hacia el sur y girando, finalmente, hacia el este por la región norte de América Central para prolongarse sin interrupciones por las Grandes Antillas y Puerto Rico hasta las Islas Vírgenes. Este puente arqueado estaba bordeado por una franja meridional de cadenas montañosas. Parte de Guatemala, todo El Salvador, Honduras y el norte de Nicaragua son tierras emergidas y cruzadas por pliegues que arrumban este-oeste. El puente terrestre Costa Rica-Panamá no existe todavía; en su lugar hay un amplio portal marino por donde comunican las aguas del Caribe con las del Pacífico. Al sur de ese portal y bordeando la parte norte de América del Sur existe una alargada banda de tierra emergida: la "*Paria*". No existe el arco volcánico de las Antillas Menores. La plataforma de estratos de la llanura del Golfo de México—que corre de Texas a Florida—ocupa emergida una gran parte del actual Golfo de México. (Véase Figura 2).

Era secundaria o mesozoica. Comprende los períodos Triásico, Jurásico y Cretácico. Durante el primero, la región centroamericana y del Caribe experimenta muy pocos cambios. En el período jurásico se produce una gran transgresión marina: las aguas del Atlántico invaden el este de México y el oeste de Cuba. En el arco volcánico del Caribe—cuyo residuo actual son las Antillas Menores—se inicia una actividad vivísima de volcanes submarinos cuyos conos van emergiendo sobre las aguas del mar formando numerosas islas. Ya al finalizar la era secundaria, durante el período cretácico, acontecen cambios muy brus-

cos: la transgresión marina de las aguas del Atlántico alcanza su máxima intensidad y recubre el norte de América Central, el oriente de México y asciende por el centro del territorio de Estados Unidos remontando hasta el actual Estado de Illinois y las Montañas Rocosas que están en fase de lento levantamiento, levantamiento que, en parte, hace retroceder a la invasión marina. Las Grandes Antillas (Jamaica, Cuba, Santo Domingo y Puerto Rico) han quedado también parcialmente sumergidas bajo las aguas de la misma transgresión.

En el noroeste de América del Sur comienza entonces a levantarse el gran geosinclinal de Venezuela (levantamiento que originará las Sierras del Caribe y la Cordillera Venezolana), cuyos pliegues vendrán a conectarse con los pliegues primitivos de los Andes Septentrionales de Colombia.

También en el Cretácico empieza a cerrarse el estrecho marino por el que se comunican el Caribe y el Pacífico, mediante la formación de un elevado puente submarino sobre el cual irrumpen y se yerguen numerosos volcanes; de tal manera se engendra el puente terrestre Costa Rica-Panamá que parece haber quedado compacto antes de concluir el período cretácico.

En las últimas fases del cretácico superior se desarrolla una gran actividad orogénica que se prolonga hasta entrada la era terciaria o cenozoica (período eoceno inferior); durante ella alcanza su máximo desarrollo la anticlinoria que se extiende desde Honduras Británica por el sureste de Cuba, Santo Domingo y Puerto Rico hasta las Islas Vírgenes. Se refuerza otra anticlinoria menor cuyos pliegues ocupan el sur de Guatemala, el norte de Honduras y llegan hasta Jamaica.

El arco volcánico de las Antillas menores se sigue elevando en forma de puente submarino coronado de numerosos volcanes.

En Colombia la propia intensidad orogénica del cretácico —que coincide con la llamada “*revolución Laramide*” por los geólogos norteamericanos— acaba la formación de los Andes septentrionales colombianos.

Todas estas conmociones de la corteza se completan en la era terciaria.

3º *La Era terciaria o cenozoica.* (Véanse Figuras 3, 4 y 5). Comprende los períodos Paleoceno, Eoceno y Oligoceno (que reunidos forman el Eogeno), y Mioceno y Plioceno (que reunidos constituyen el Neogeno).

La era terciaria ha sido de extraordinaria actividad orogénica en toda la corteza terrestre; en América Central se manifiesta especialmente intensa la actividad de los volcanes que acabará por cerrar la comunicación entre el Mar Caribe y el Océano Pacífico. Encalmada al mediar la era, se reaviva en sus finales y origina volcanes jóvenes de mayor volumen y pujanza que los que habían formado anteriormente el puente Costa Rica-Panamá. Esa misma actividad volcánica completa la construcción del grasioso *arco insular* de las Antillas Menores.

Acontecen también en esta era terciaria movimientos epirogenéticos consistentes en elevaciones y hundimientos de grandes masas originados por movimientos de compensación isostática; los hundimientos dan lugar a invasiones parciales de los mares sobre las masas hundidas (transgresiones marinas), mientras que los levantamientos hacen recular las aguas del mar (regresiones marinas) y emerger tierras anteriormente recubiertas por ellas.

Resumimos a continuación los principales acontecimientos ocurridos en la vida geológica de la región Centro-americana y del Caribe durante los distintos períodos de la era cenozoica.

a) **EOCENO.** Las Grandes Antillas están emergidas por completo durante el Eoceno inferior, con excepción del occidente de Jamaica. La actividad volcánica es muy intensa en el puente terrestre de Panamá-Costa Rica; regiones del Istmo de Panamá quedan hundidas y recubiertas por las aguas durante gran tiempo del Eoceno inferior.

Los hundimientos y las transgresiones marinas continúan progresando durante el Eoceno superior; afectan a Jamaica, Cuba, Santo Domingo y Puerto Rico. Son especialmente severos en Colombia y Puerto Rico; en el puente Costa Rica-Panamá la transgresión actúa sólo en zonas bajas marginales. (Véanse Figuras 6 y 7).

b). OLIGOCENO. Progresan aún más la transgresión marina en las Grandes Antillas (Cuba y Jamaica sobre todo) y en el norte de Guatemala. El sur de Nicaragua y Costa Rica permanecen ahora bajo las aguas, mientras que el puente panameño queda en gran parte recubierto por mares oligocénicos poco profundos que dejan allí depósitos de origen marino; las partes centrales más elevadas están emergidas. (Véase Figura 8).

c) MIOCENO. Durante este activo período predominan los fenómenos de levantamientos y regresiones marinas sobre los de hundimientos y transgresiones; estos levantamientos alcanzan su clímax durante el Plioceno. Extensas áreas de Colombia y Venezuela están, sin embargo, ocupadas por aguas del mar, que han invadido también el sur de Nicaragua y la mayor parte de Costa Rica. Avanzado el Mioceno, se levanta esa depresión de Nicaragua y Costa Rica y queda cerrado el estrecho marino que comunicaba por ella el Caribe con el Pacífico. Algunas regiones bajas de Panamá sufren invasiones marinas durante el Mioceno. Entretanto, el Istmo de Tehuantepec se hunde y se convierte en el último canal marítimo que enlazó al Caribe con el Pacífico. (Véase Figura 9).

d). PLIOCENO. Los levantamientos alcanzan ahora plena intensidad y tras algunos retoques de detalle quedan constituidas las entidades geográficas centroamericanas y caribes con los contornos que conservan todavía. En las Antillas se producen inmensas fracturas o fallas seguidas de hundimientos de bloques; uno de éstos sumerge el valle anticlinal que existía entre Cuba y Jamaica originando así la profunda fosa de Barlett; Yucatán queda también separado de Cuba. Estas nuevas oquedades, rellenadas por aguas marinas, constituyen el actual Mar de las Antillas.

El banco poco profundo de la plataforma continental que se prolonga por el este de Honduras y Nicaragua se sumerge y se recubre por aguas de poco fondo.

Mediado el Plioceno se cierra el portal de Tehuantepec y América Central adquiere sus rasgos y perfiles actuales. (Véase Figura 10).

8.—EL ISTMO DE PANAMA RESIDUO DE UN ANTIGUO BLOQUE CONTINENTAL DEL PACIFICO. TEORIA DE A. A. OLSON. 1940.

(A. A. Olson, Geologist and Paleontologist, Paleontological Research Institution. Ithaca, New York. "*Some tectonic interpretations of the geology of the Northwestern South America*". En "*Proceeding of the Eighth American Scientific Congress. Volume IV. Geological Sciences. Washington. Department of State. 1942.* pp. 401-416). El notable geólogo del Instituto de Investigaciones Paleontológicas de Ithaca (New York) expone en su estudio nuevas interpretaciones sobre la evolución geológica del noroeste de América del Sur y de Panamá, en las que recoge, en parte, las teorías de Troll acerca del concatenamiento geológico existente entre Costa Rica, Panamá y los Andes colombianos, y establece las siguientes conclusiones:

Panamá y la porción occidental de Colombia (que incluye únicamente la Cordillera del Baudó, la depresión del Atrato-San Juan, los Andes Occidentales o Cordillera del Chocó, el valle del Cauca y los Andes Centrales o Cordillera del Quindío, pero que no incluye a los Andes Orientales o Cordillera de Sumapaz) junto con la región occidental de Ecuador, forman parte de un antiguo bloque de rocas antiguas que se extendía por el oeste dentro del Pacífico hasta una distancia ahora desconocida pero suficientemente grande para dejar incluida dentro de aquel a la plataforma continental sobre la cual se levantan las islas volcánicas del Archipiélago de los Galápagos. Este área continental bordeó por el norte al gran geosinclinal colombiano, cuyo plegamiento dió origen a la Cordillera de Sumapaz o Andes Orientales de Colombia, como bordeó por el sur al geosinclinal peruano, cuyo plegamiento dió origen al sistema andino del Perú. El borde mas oriental de este antiguo bloque parece que estuvo conectado con el escudo de las Guayanas, formado —como es sabido— por rocas muy antiguas. (Véase Figura 11).

Según Olson, los Altos de Aspavé o Espavé (situados en la frontera de Panamá y Colombia), así como las Serranías panameñas del Pirre, Jungurudó y la Sierra del Sa-

po son una prolongación estructural de la Cordillera Costera Colombiana o Cordillera del Baudó, que se alarga desde la depresión longitudinal del río Atrato y del San Juan (en territorio colombiano) hasta la Punta de Garachiné, a la entrada del Golfo de San Miguel (en Panamá) y que, acaso, tiene su última ramificación en el Archipiélago de las Perlas, dentro del gran Golfo de Panamá.

La Cordillera Central de Panamá (el "*Central Range*", como la denomina Olson) está cortada por una gran falla ahora ocupada por una serie de colinas (de origen volcánico, unas; sedimentario otras), que integran buena parte de la cuenca hidrográfica del río Chagres, en la Zona del Canal.

II

GEOLOGIA DE PANAMA

LOS ESTUDIOS GEOLOGICOS SOBRE EL ISTMO PANAMEÑO

EL CONOCIMIENTO GEOLOGICO DEL ISTMO DE PANAMA.

Los estudios geológicos en el Istmo de Panamá se inician hacia mediados del siglo XIX con los trabajos de campo necesarios para la construcción del ferrocarril de Colón a Panamá; prosiguen con investigaciones efectuadas para encontrar minas de carbón; se intensifican con las exploraciones encaminadas a la búsqueda de la ruta para la construcción de un canal interoceánico y, posteriormente, para la construcción del Canal por los franceses, primero, y por los norteamericanos, después. Aparte de estos móviles de carácter utilitario, investigadores científicos han realizado estudios desinteresados que han contribuido al progreso del conocimiento geológico de la tierra panameña. En los últimos años, ingenieros de compañías petroleras vienen realizando trabajos de campo dirigidos al hallazgo de petróleo.

La labor del geólogo en los trópicos húmedos y selváticos ha tropezado con el obstáculo que representa su exuberante vegetación para el examen de los materiales petrográficos; las quebradas y los lechos de ríos con sus materiales de acarreo fueron los sitios mas fácilmente observables por los primeros geólogos (M. Wagner).

a) *Trabajos del ferrocarril 1849-1855.* La ejecución de excavaciones, trincheras y taladros operados durante la construcción del ferrocarril transístmico Colón-Panamá revelaron los materiales de algunas formaciones geológicas superficiales en el territorio del Istmo Central de Panamá, por donde aquellos fueron ejecutados.

b). *Investigaciones de yacimientos de carbón.* La demanda de este valioso producto mineral estimuló algunas exploraciones que se iniciaron en la cuarta década del

siglo XIX. Los trabajos de campo de William Wheelright (1840) en el territorio de Bocas del Toro demostraron que existe allí carbón. En 1858 comienzan las exploraciones de Moritz Wagner en Chiriquí, en el Volcán y en algunos tramos de la Cordillera Central. Wagner estudió la mineralogía, el perfil geológico de la región chiricana y la naturaleza de El Volcán de Chiriquí, sin perder de vista la preocupación latente de encontrar depósitos de carbón; recorrió además otras regiones panameñas.

En 1860 la "*Chiriquí Improvement Company*" costeo nuevas exploraciones en Bocas del Toro para hallar carbón; la dirección geológica de los trabajos de campo estuvo en manos del Dr. Evans; sus informes optimistas tuvieron amplia resonancia y llegaron a alentar el plan concebido por el Presidente de Estados Unidos, Abraham Lincoln, de colonizar la región chiricana con los negros emancipados en Estados Unidos.

Por esta década, el Doctor A. Villarreal estudió el valle del Tonosí (Península de Azuero) y sus formaciones geológicas, donde encontró vetas de carbón mas o menos extensas (Quebrada Mudarra, Cordillera de la Tronosa, Loma del Quira, riberas del río Guánico, yacimientos del Jobero y Ostional, Quebrada de Pedregal, Punta Piro, el Carbonal, Alto de los Magos, etc.) infiriendo la existencia de una gran cuenca hullera que se extiende por la Cordillera Occidental de la Península de Azuero y que alcanza hasta la costa. Presentó un detallado informe a la "*Société des Charbonages et Petroles de l'Isthme de Panama*" que había sido fundada en Suiza. (Antonio Burgos, "*Progreso*", artículo inserto en "*El Herald del Istmo*", año I. No. 12. Panamá, 12 de Julio de 1904).

Decayó después este interés por encontrar minas de carbón.

c) *Trabajos del Canal Francés. 1881-1903.* La primera empresa francesa que acometió la obra del Canal — "*Compagnie Universelle du Canal Interocéanique*" — envió ingenieros y geólogos para que estudiaran la naturaleza geológica de las capas de terrenos que habían de ser cortadas para ejecutar el proyecto primitivo de un canal a nivel. Su sucesora, la "*Nouvelle Compagnie du Canal Inte-*

rocéanique", mandó también comisiones de geólogos y paleontólogos franceses, especializados, para intensificar los trabajos de campo y el conocimiento de la región afectada por la construcción del Canal. Entre los estudios cumplidos, es especialmente importante el Informe redactado por Marcel Bertrand, Profesor de Geología en la Escuela Superior de Minas de París, y Philippe Zürcher, ingeniero (*"A Geological Study of the Isthmus of Panama"*, inserto en el *"Report on Board of Consulting Engineers of the Panama Canal"*. Washington. 1906). Los fósiles recogidos entonces fueron examinados por H. Douvillé; Termier analizó los materiales petrográficos. Fué la última aportación de los geólogos franceses.

d). *Estudios de geólogos norteamericanos.* Han sido en su mayor parte estimulados por el interés de encontrar el mejor trazado para la construcción de un canal interoceánico y para resolver los problemas de carácter geológico que planteó su construcción. Hay también trabajos cuyos móviles son exclusivamente científicos. Puede afirmarse que cuanto ahora se sabe sobre geología panameña deriva, en casi su totalidad, de esta labor de los geólogos norteamericanos. En los últimos años se vienen efectuando diferentes investigaciones en varias regiones panameñas por geólogos que trabajan con grandes compañías petroleras: el hallazgo de yacimientos de petróleo es el móvil propulsor.

Resumimos enseguida los principales trabajos ejecutados por geólogos de Estados Unidos de América.

Ya en 1870, la *"Darien Canal Company of America"*, compañía interesada en la construcción de un canal que había de partir de la Bahía de Calidonia para alcanzar por el sur las bocas del río Tuyra, envió al Darién la famosa expedición dirigida por Selfridge y Lull. Fueron muy notables los estudios que hizo el geólogo de ella G. A. Maack, recogidos en el *"Report on Geology and Natural History of the Isthmus of Chocó, of Darién and of Panamá"* (1874).

En 1898 comenzaron las exploraciones científicas del notable geólogo Robert H. Hill (*"The geological history of the Isthmus of Panama and portions of Costa Rica; based*

upon a reconnaissance made for Alexander Agassiz". Cambridge. Harvard College. 1898). Hill afirma que el Istmo Panameño está enlazado estructuralmente con América Central, dentro de la cual constituye una entidad con personalidad geológica muy bien definida. Este explorador científico, que recorrió casi todo el Istmo, asignó al mismo una antigüedad geológica mucho mayor que la estimada luego por otros geólogos norteamericanos.

Con el advenimiento del período de construcción del Canal de Panamá por Estados Unidos de América, los estudios geológicos, indispensables, tuvieron una brillante floración; muchos de ellos están recogidos en los "*Annual Report of the Isthmian Canal Commission*".

En 1901, Oscar H. Herchey dió a conocer su estudio sobre "*The Geology of the central portion of the Isthmus of Panama*" (University of California. Bulletin, Department of Geology. 1901).

En 1904 aparecen los trabajos de P. Lemoine y H. Douvillé, geólogos franceses, acerca de los fósiles encontrados en formaciones geológicas panameñas ("*Memoires de la Société Géologique de France*". 1904).

En 1906, E. Joukowsky y M. Clerc analizan las rocas terciarias del Istmo Central de Panamá ("*Sur quelques affleurements nouveaux de roches tertiaires dans l'Isthme de Panama*". "Mem. Soc. Phys. Hist. Nat." Geneve. 1906).

En 1908, Ernest Howe publica algunos artículos sobre geología panameña ("*The geology of the Isthmus of Panama*". Amer. Jour. Sci. 1908).

Durante 1912 y 1913, Donald F. MacDonald, geólogo que trabaja con la Isthmian Canal Commission, da a conocer los resultados de sus investigaciones en campo sobre geología de la Zona del Canal y presenta un cuadro sistemático de sus formaciones geológicas y un estudio sobre el problema de los derrumbes ("*slides*") que tanto venían entorpeciendo los trabajos de excavación en el Corte de Culebra y en Cucaracha ("*Annual Report of the Isthmian Canal Commission*". Washington 1912. "*The geology of the Isthmus of Panama*", en el "*Annual Report*" de 1913).

En los mismos años 1912-1913, W. H. Dall investiga diversos ejemplares de conchas fósiles panameñas (*"New species of fossil shells from Panama and Costa Rica"*. Smithsonian Misc. Collec.), mientras que H. Douvillé presenta, a su vez, nuevos análisis de fósiles panameños (*"Les couches a orbitoides de l' Isthme de Panama"* Comp. rend. Somm. Soc. Geol. France. 1915) y A. P. Brown y H. A. Pilsbry examinan la fauna de la formación de Gatún (*"Fauna of the Gatun formation. Isthmus of Panama"*. Procee. Acad. Nat. Sci. Philadelphia. 1911-1913).

Por los años de 1918 y 1919, *The United States Museum*, de la *Smithsonian Institution* de Washington, publica nuevos trabajos sobre geología y paleontología de la Zona del Canal (*"Contributions to the Geology and Paleontology of the Canal Zone, Panama, and geologically related areas in Central America and West Indies"*. Washington. 1918-1919).

J. D. Sears da a conocer en 1919 el resultado de sus investigaciones en los depósitos de manganeso del río Boquerón (Provincia de Panamá) (*"Deposits of Manganese ore near Boqueron river"*. U. S. Geological Survey Bull. 1919).

Los primeros estudios científicos acerca de sismología panameña fueron dadas a conocer en 1920 por R. Z. Kirkpatrick (*"Earthquakes in Panamá up to Jan. 1920"*. Bull. Seismological Soc. of Am. 1920).

Entre los años 1918 y 1926 aparecen una serie de trabajos del notable geólogo norteamericano T. W. Vaughan, referentes a geología y paleontología de la Zona del Canal y a la estratigrafía de la cuenca superior del río Chagres (*"Contributions to the geology and paleontology of the Canal Zone"*. 1919. *"The stratigraphic horizon on the beds...on Haut Chagres"*. Procee. Nat. Acad. Sc. 1926).

Ciryl Crossland (inglés) presenta en 1927 sus conclusiones sobre las formaciones coralinas de Panamá (*"The expedition of the South Pacific of S. S. St. George. Marine ecology and coral formations in the Panama region, the Galapagos and Marquesas Islands"*. Royal Society of Edimburgo. Translations. 1927).

Con motivo de la construcción de la represa de Madden, en 1930, como reservorio de aguas necesario para el mejor funcionamiento del Canal de Panamá, hubo necesidad de ampliar los estudios geológicos en la región de Alhajuela y en el alto río Chagres y sus afluentes; trabajos de campo que fueron realizados por ingenieros de la U. S. Geological Survey (*"A geological study of the Maddem Damm projet. Alhajuela. Canal Zone"*. U. S. Geol. Sur. 1930).

En 1937, Donald F. MacDonald publica un estudio sobre las investigaciones que efectuó en las montañas cristalinas del Macizo de Canajagua (Provincia de Los Santos). (*"Contributions to Panama Geology"*. Journal of Geology. Chicago. XLV. 1937).

e). *Estudios de geólogos alemanes.* Como aportaciones de ciencia teórica y basadas en investigaciones de campo operadas por geólogos franceses, norteamericanos y alemanes, aparecen diversos trabajos de geólogos alemanes que contienen información sobre el Istmo de Panamá. Dichos estudios ven la luz en el decenio anterior a la guerra de 1939. Ya anteriormente, F. Toula había concluido análisis acerca de la fauna de la formación de Gatún (*"Eine jungtertiäre von Gatun am Panama Kanal"*. K. K. Geol. Reichsanst. Jahrb. Vol. 58. 1909-1911). En 1930, C. Troll publica un importante trabajo en que sostiene la antigua tesis de que las Cordilleras Panameñas son una prolongación estructural de los Andes Septentrionales colombianos (*"Die geologische Verkettung Süd und Mittelamerika"* (El concatenamiento geológico de América Central y del Sur). *"Mitteilungem der Geographischen Gesellschaft"*. Vol. XIII. Munchen. 1930). R. K. Sender aborda en su conjunto el problema de la geotectónica centroamericana (*"Grosstektonische Probleme der Mittelamerikanischen Raumes"*. Z. f. Vulkanol. Berlin. XVII. 1936). Y poco después, Collin Ross publica un amplio estudio geográfico y geológico de la región comprendida entre México y la Zona del Canal (*"Der Balkan Americas: mit und kegel durch Mexico zum Panamakanal"*. Leipzig. F. A. Brookhaus. 1937).

f) *Trabajos mas recientes.* 1937-1947. En los últimos años ha realizado investigaciones de campo en áreas

poco conocidas de Panamá el notable geólogo norteamericano R. A. Terry, autor de un interesantísimo estudio de los valles submarinos existentes en la plataforma continental panameña (*"Anotaciones de los valles submarinos fuera de la costa panameña"*, trabajo publicado en *"Geographical Review"*. Vol. XXXI. No. 3. July 1941. Traducción del Sr. Genaro Martínez Jr., publicado en la *"Revista de Agricultura y Comercio"*, de Panamá.) A. A. Olson es autor de un importante trabajo sobre los depósitos terciarios del noroeste de América del Sur y de Panamá, en que traza el cuadro general de las grandes formaciones cenozoicas panameñas (*"Tertiary deposits of Northwestern South America and Panama."* *"Proceedings of the Eighth American Scientific Congress"*. Volume IV. *Geological Sciences*. Washington. 1942). Del mismo autor (y en el mismo volumen) es el análisis sobre nuevas interpretaciones tectónicas del noroeste de América del Sur y de Panamá; en que considera que el Istmo panameño es un residuo de un antiguo bloque continental que se extendía por el Pacífico, y que guarda relaciones estructurales con los Andes Occidentales y Centrales de Colombia.

Han proseguido en estos últimos tiempos las exploraciones encaminadas a la búsqueda de yacimientos petrolíferos; geólogos especializados de la *"Sinclair"*, *"Cities Service"* y otras compañías han enviado a Panamá geólogos especializados.

En 1946 publica Angel Rubio, Profesor de Geografía de la Universidad de Panamá, un resumen de las características de la plataforma continental panameña (*"La Plataforma Continental Panameña"*. *"Ingeniería y Arquitectura"*. Panamá. Vol. 3. No. 13. Febrero 1946). A principios de 1947 visita el Istmo el ilustre geólogo y científico W. P. Woodring, autor de varios estudios, uno de ellos dedicado a tectónica general de la región del Caribe (*"Tectonic features of the Caribbean Region"*. *"Proceedings Thrid Pan-Pacific Scientific Congress"*. Tokyo. 1928).

g). Mapas geológicos. En la preparación de este resumen acerca del estado actual de los conocimientos sobre

geología panameña y en la preparación de los cartogramas geológicos que le acompañan, hemos utilizado los siguientes mapas:

1. “*Mapa Geológico generalizado de Colombia*”, de Víctor Oppenheim. Escala 1: 2 000 000. Anexo de la “*Revista Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*”. Bogotá. Vol. V. N^o. 19. Diciembre de 1943.

2. “*El Mapa Geológico de América Central*”, elaborado por Federico K. G. Müllerried. Escala 1: 5 000 000. Publicado en la “*Revista de Geografía*”, del Instituto Panamericano de Geografía e Historia. México. Tomo IV. Nos. 10, 11 y 12. 1944.

3. “*Geological Map of North America*”. Compiled by George W. Stosse. Scale 1: 5 000 000. Published by *The Geological Society of America*. 1946. Incluye la distribución geográfica de rocas y formaciones de América Central.

No hemos podido ver ni consultar los siguientes Mapas Geológicos del Istmo de Panamá, inéditos, de que informa el Mapa de Stosse, citado:

1^o Mapa Geológico de Donald F. MacDonald. Escala 1: 5 000 000. 1942.

2^o Mapa Geológico de Panamá. Escala 1: 700 000. Basado en un Mapa de Sapper de 1901. Modificado por A. A. Olson. Manuscrito, inédito. 1942.

3^o Mapa Geológico Panameño. Escala 1: 5 000 000. Manuscrito, inédito. 1943. Revisado por R. A. Terry.

Todos ellos son anteriores, como puede observarse, a la preparación y publicación del Mapa de Stosse.

*

* *

Unas breves síntesis del proceso del conocimiento actual de la geología panameña puede expresarse así:

Primeros estudios. Moritz Wagner (1861) investiga la región chiricana. M. Maack (1872) estudia parte del Darién. Hersey (1901) centra su atención en la región de Veraguas.

Investigaciones del Istmo Central de Panamá (Zona del Canal), la región mas estudiada y mejor conocida. Trabajos mas notables: Robert T. Hill (1898). Bertarnd y Zürcher (1903). Howe (1907-1915). Mac Donald (1912-1937). Vaughan(1918-1926).

Estudios mas recientes. Olson (Depósitos terciarios de Panamá). 1940. Terry. (Valles submarinos de la Plataforma Continental Panameña). 1941.

Mapas geológicos, manuscritos e inéditos de Mac Donald, Olson y Terry.

Información referente a Panamá hay en los citados trabajos de Hill (1898), Sapper (1927), Troll (1930) y Schuchert (1935).