EPÍGRAFE 2.2 CONSTITUCIÓN GEOLÓGICA

Cuba es un archipiélago que forma parte de las Antillas Mayores, conjuntamente con La Española, Puerto Rico y Jamaica, las cuales limitan la región del Caribe por el norte y noreste. Desde el punto de vista geológico el archipiélago cubano es considerado un cinturón orogénico, cuya formación ha estado vinculada al proceso de convergencia ocurrido durante el Cretácico y el Paleógeno, entre la placa oceánica del Caribe y el margen continental de Norteamérica. Durante la orogenia del Eoceno tardío, Cuba se acrecionó a la placa de Norteamérica, delimitada al sur por la falla transformante Oriente, que constituye actualmente el límite norte de la placa del Caribe.

La placa del Caribe se extiende aproximadamente desde Guatemala, a lo largo de la cresta Caimán; a través de La Española y Puerto Rico, hacia la parte sur y a través de las Antillas Menores; y a lo largo de la parte norte del margen continental de América del Sur (aunque este límite está pobremente definido desde Trinidad y los Andes Meridionales); y finalmente culmina en la costa oeste de América Central. (Figura 1).

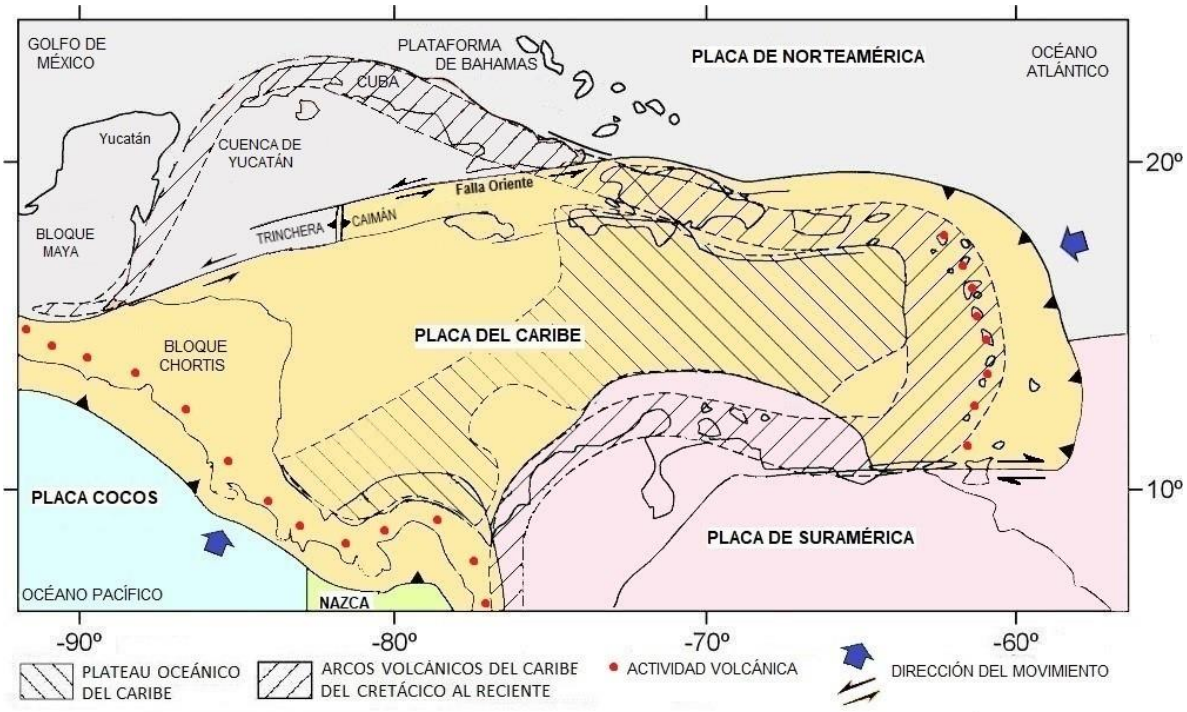

Figura 1. Esquema de la configuración tectónica regional del área del Caribe con los principales elementos geológicos y tectónicos.

La evolución geológica y tectónica del Caribe se ha descrito dentro de dos vertientes de modelos geodinámicos, unos que apoyan la formación de la corteza caribeña *in situ,* y otros, que asumen su origen alóctono. El modelo del Caribe *in situ* plantea la formación de la placa del Caribe con la ruptura de Pangea a partir del Jurásico, en el espacio creado entre Norteamérica y Suramérica.

Los modelos del origen alóctono de la corteza del Caribe, son los más aceptados actualmente, plantean que el Caribe se formó en dos etapas. Durante la primera etapa tiene lugar la apertura y formación del espacio caribeño a partir de la separación de Laurasia

(Norteamérica y Europa) y Gondwana (Sudamérica y África), formándose una corteza "*in situ*" que se considera "protocaribeña". Durante la segunda etapa la corteza protocaribeña es desplazada hacia el este, con componente direccional en el límite norte sinestral (flechas negras en Figura 1), y en el límite sur dextral. Ello daba lugar, por los laterales, a zonas de subducción donde se consumen las litosferas oceánicas del Atlántico y el Pacífico, y acreción o colisión de estas con las plataformas continentales de Norteamérica y Suramérica. De ahí los cinturones plegados que rodean el Caribe y que se extienden desde Guatemala, las Antillas (Mayores, Menores y Holandesas) hasta Venezuela y Colombia. Su formación se relaciona con la naturaleza destructiva del margen septentrional de la placa del Caribe, hasta su colisión con el margen pasivo de Norteamérica, la plataforma de Bahamas y el bloque de Yucatán a finales del Cretácico al Terciario. En el espacio caribeño por tanto se emplazó una corteza externa (alóctona), proveniente del Pacífico.

La constitución geológica actual de Cuba incluye diferentes unidades geológicas que durante su origen fueron acrecionadas e imbricadas tectónicamente. Tres importantes episodios están presentes en su evolución geológica: Primero; la separación de Pangea en Norteamérica y Suramérica en el periodo Jurásico, con los márgenes pasivos asociados, y la evolución oceánica sedimentaria y magmática. Segundo; la evolución sedimentaria, magmática y metamórfica de un complejo de arco ofiolítico intraoceánico del Cretácico al Paleógeno. Tercero; la colisión suave del Paleógeno y la transferencia del NW de la placa del Caribe a la placa de Norteamérica. (Iturralde-Vinent *et al.,* 2016).

Esta particular estructura geológica de Cuba consta de dos niveles estructurales principales: el sustrato plegado y fallado, y la cobertura neoautóctona. El sustrato plegado está constituido por terrenos paraautóctonos y alóctonos, de naturaleza continental y oceánica, de edad Jurásico a Eoceno Superior; y la cobertura neoauctóctona, contiene secuencias y estructuras originadas y desarrolladas desde el Eoceno Superior tardío a la actualidad.

Tres asociaciones litotectónicas reflejan la evolución geológica de Cuba como un margen convergente cretácico-paleogénico:

1. Margen continental de Norteamérica paraautóctono deformado de edad Jurásico-Cretácico, y partes de la cuenca y depósitos frontales sinorogénicos paleoceno-eocénicos.
2. La litósfera oceánica y rocas sedimentarias asociadas formadas en el protocaribe, incluso los complejos ofiolíticos y los melange serpentiníticos. Esta corteza oceánica está asociada con actividad magmática de 135-47 millones de años (Ma), intercalada o cubierta por depósitos de cuencas sinorogénicas.
3. Depósitos neoautóctonos del Eoceno tardío al Reciente que cubre discordantemente las dos unidades antes descritas. Muchas de estas unidades fueron parcialmente subducidas, metamorfizadas y exhumadas (Iturralde-Vinent *et al.,* 2016). (Figura 2).

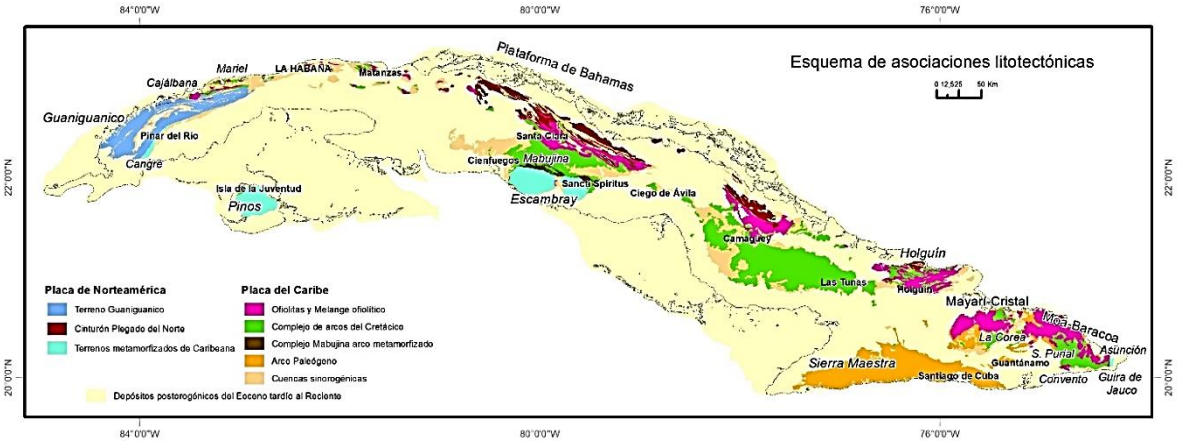

Figura 2. Esquema con las diferentes asociaciones litotectónicas que conforman la geología de Cuba.

Placa de norteamérica, depósitos acrecionados

Constituyen las rocas ígneas y sedimentos de Norteamérica originalmente formados a lo largo de Yucatán, el margen pasivo de Bahamas y el resto de la cuenca del protocaribe. Estas unidades afloran como cinturones plegados y sobrecorridos en el terreno Guaniguanico, El Cinturón Plegado del Norte y el terreno metamórfico de Caribeana. (Iturralde-Vinent *et al.,* 2016).

Terreno Guaniguanico: Localizado en Cuba occidental, se caracteriza por sobrecorrimientos con dirección hacia el norte, cinturones de secuencias sedimentarias siliciclásticas potentes del margen continental pasivo de edad Jurásico temprano a Cretácico tardío (conglomerados, areniscas, lutitas, limolitas), calizas, esquistos e intercalaciones de rocas basálticas marinas (del margen pasivo Maya y el golfo de México). Estas secuencias fueron cubiertas por rocas sedimentarias sinorogénicas de edad Paleoceno-Eoceno Inferior (olistostromas, secuencias caóticas y *flysch*), incluyendo sedimentos carbonatados. Fueron sobrecorridas también por unidades de arcos volcánicos y ofiolitas.

Cinturón Plegado del Norte: Se distribuye a lo largo del archipiélago cubano en una franja al norte, está caracterizado por secuencias carbonatadas (calizas microcristalinas, organógenas, calcarenitas y brechas) del borde sur de la Plataforma de Bahamas (norte de Cuba) de edad Jurásico temprano al Cretácico tardío. Entre el Paleoceno y el Eoceno Superior temprano comenzó la acreción de los diferentes complejos, y se desarrollaron frentes de sobrecorrimientos con deposición de sedimentos siliciclásticos gruesos, olistostromas, secuencias caóticas, *flysch*, así como carbonatos. La deformación de estas rocas decrece hacia el norte.

Terreno metamorfizado de Caribeana: Se distribuye en el terreno Cangre con glaucofana (Cuba occidental), terreno metamórfico de Pinos (sur de Cuba), el complejo Escambray con esquistos verdes en facies de eclogita con estructura metamórfica invertida (Cuba centro-sur) y terreno Asunción con lawsonita y glaucofana (extremo oriental de Cuba). Se muestra como un dominio paleogeográfico caracterizado por cuerpos sedimentarios mesozoicos, que ocuparon una porción del dominio oceánico del protocaribe, en los bordes de los bloques de Bahamas y Maya. Estos terrenos incluyen el margen pasivo protocaribeño de

edad Jurásico-Cretácico, y protolitos oceánicos que fueron metamorfizados en ambiente de subducción durante el Cretácico tardío, y posteriormente acrecionados en Cuba aproximadamente 75-60 Ma atrás.

Placa del caribe

Las unidades alóctonas del Caribe son fragmentos de litosfera oceánica del Pacífico que migraron a la posición actual durante el Cretácico. La zona de subducción de las Antillas Mayores a lo largo del borde de la placa del Caribe fue la responsable de la subducción de unos 1500 km de litosfera del protocaribe y de Norteamérica, en una zona de subducción intraoceánica buzando al SW. Varias unidades caribeñas están presentes en Cuba. (Iturralde-Vinent *et al.,* 2016).

Ofiolitas y Melange ofiolítico: Las ofiolitas aparecen como un cinturón discontinuo que se extiende por más de 1000 km por el norte de la isla, compuesto por cuerpos de tamaños variados, que aparecen muy desmembrados por la tectónica. De oeste a este incluye los cuerpos de Cajálbana, Mariel-La Habana-Matanzas, Villa Clara-Santi Spíritus-Ciego de Ávila, Camagüey-Las Tunas, Holguín. Fueron obducidas sobre el paleomargen de Norteamérica desde finales del Cretácico hasta el Eoceno tardío. Las ofiolitas están compuestas por hazburguitas y dunitas serpentinizadas, gabros isotrópicos y bandeados, basaltos y hialoclastitas (basaltos toleíticos de antearco, localmente con composición boninítica) cubiertos por sedimentos oceánicos de edad Jurásico tardío (Tithoniano) al Cretácico tardío (Coniaciano y más joven). Son escasos los diques y gabros isotrópicos.

Los datos petrológicos, geoquímicos y geocronológicos disponibles permiten sugerir que existen en Cuba dos tipos de ofiolitas, las de cordillera centro oceánica y las de zona de suprasubducción. La presencia abundante de peridotitas de manto, así como rocas extrusivas con características químicas de arco de islas, indican que la mayor parte de las ofiolitas cubanas se formaron en ambos lados de la zona de subducción, en la zona antearco y en el ensanchamiento del retroarco.

Durante la subducción y la obducción las ofiolitas fueron desmembradas y bloques exóticos provenientes de Norteamérica y de los arcos cretácicos fueron incorporados entre los cuerpos deformados de ofiolitas. Los cuerpos de melange de subducción contienen bloques de alta presión (eclogitas, anfibolitas, esquistos azules, rocas en facies de esquistos verdes de alta presión y jadeitita) en una matriz serpentinítica. Este melange se formó en una zona de subducción desde 120 Ma hasta 65 Ma (Cretácico tardío). Melages similares con bloques de alta presión aparecen como olistolitos dentro de las cuencas frontales, y como escamas tectónicas dentro del complejo Escambray.

En la región más oriental de Cuba afloran diversas unidades oceánicas, entre las que destacan: los complejos ofiolíticos de Mayarí-Cristal y Moa-Baracoa. Estos macizos están formados en un ambiente de retroarco, que sufrieron infiltración de fundidos de composición IAT y boninítica, los cuales interaccionaron con las rocas ultramáficas mantélicas.

Los mélanges de subducción de La Corea y Sierra del Convento, con bloques metamorfizados en condiciones de alta presión en una matriz serpentinítica, aparecen asociadas a estos complejos ofiolíticos, al igual que el Complejo Anfibolítico de Güira de Jauco, caracterizado como la suela metamórfica de la ofiolita de Moa-Baracoa.

Próximo al Complejo Anfibolítico de Güira de Jauco se localiza un pequeño cuerpo serpentinítico, formado por bloques de rocas básicas metamorfizadas en condiciones de baja presión (metadiabasas metamorfizadas en facies de las anfibolitas), en una matriz de rocas ultramáficas serpentinizadas. Este complejo, denominado La Tinta, se interpreta como rocas que se formaron en el antearco Antillano.

Complejo de arcos del Cretácico: En Cuba aparecen reconocidas rocas vulcano-sedimentarias y plutónicas de tres etapas de arcos de islas cretácicos (135-70 millones de años), separadas por discordancias. Son las distribuidas más ampliamente, incluyen grupos de rocas volcánicas y plutónicas de arco de islas toleítico, calcoalcalino y alcalino bimodal. Se encuentran tectónicamente intercaladas por fallas de sobrecorrimientos con rocas ofiolíticas y melange serpentinítico, y tectónicamente sobreyacen la plataforma de Norteamérica.

Los plutones de granitoides relacionados con el arco tienen edades que van de 89-83 Ma en Santa Clara (Cuba central) y 104-75 en Camagüey (Cuba centro-oriental). En la región más oriental de Cuba, hacia el norte, se encuentran formaciones volcánicas con diversas signaturas geoquímicas (IAT, boninítica y calcoalcalina) de edad Cretácico temprano-tardío, que interaccionaron con las rocas ultramáficas mantélicas formadas en un ambiente de retroarco. Además, en el extremo oriente cubano existen rocas de arco metamorfizadas en facies de esquistos verdes y facies de esquistos azules de alta presión y baja temperatura, en la Sierra del Purial, que fueron parcialmente subducidas durante el final de Cretácico.

Complejo Mabujina arco metamorfizado: Estructuralmente este complejo infrayace las rocas del arco no metamorfizado en Cuba central, y está compuesto por rocas deformadas gabros, basaltos, andesitas basálticas y rocas piroclásticas, que fueron deformadas y metamorfizadas en facies de esquistos verdes y anfibolíticas. Rocas *gneis* graníticas aparecen concordantes y cortantes como intrusiones premetamórficas, sinmetamórficas y posmetamórficas. Se considera que los protolitos de Mabujina fueron separados del margen pacífico de Norteamérica y acrecionados a la base del complejo de arco cretácico hace aproximadamente 93-91 Ma.

Cuencas sinorogénicas: La colisión tectónica, además del amalgamiento de unidades del arco cretácico y ofiolitas, sobre secuencias del margen pasivo subducidas o no, produjo cuencas sinorogénicas y su relleno; entre los cuales, se desarrollan olistostromas policomponentes, brechas, conglomerados, areniscas, limolitas, lutitas, margas y calizas. Sedimentación de carácter flischoide, que llega hasta carbonatada, y secuencias carbonatado-siliciclásticas (margas, limolitas, lutitas, calizas arcillosas), un proceso que duró desde el Campaniano tardío hasta el Eoceno temprano.

Al final del Cretácico y comienzo del Paleógeno, aparecen secuencias significativamente potentes, por lo general megaturbidíticas clástico-calcáreas (brechas, brecha-conglomerados, areniscas, lutitas, pelitas calcáreas), ricas en minerales de eyecta (microesférulas, vidrio vesicular, cuarzo de choque, lapilli y otros), testigo del geobioevento catastrófico global que marcó el límite K/Pg.

Arco Paleógeno: Solo en la región oriental de Cuba (Sierra Maestra), durante el Paleógeno (Daniano Superior-Eoceno Medio parte baja) se desarrolló un arco volcánico, que muy posiblemente continúa en la cresta y el elevado de Caimán y también en La Española. Está

conformado por potentes espesores de rocas efusivas y piroclásticas, las cuales son cortadas por plutones de granodioritas y granitos de edad entre 60.5 Ma y 46.9 Ma. Este vulcanismo intraoceánico presenta una tendencia toleítica a calcoalcalina y está restringido solo a la región más este de Cuba. Se encuentra cercenado por la falla transformante Oriente hacia el sur de la Sierra Maestra.

Depósitos del eoceno tardío al reciente

Encima del sustrato plegado, fuertemente deformado, se desarrollaron levantamientos y subsidencias locales, con la formación de cuencas continentales discordantes postorogénicas del Eoceno tardío al Reciente; con desarrollo de secuencias carbonatado-siliciclásticas, arcillosas, detrítico-calcáreas y calcáreas. Estos depósitos están medianamente deformados, caracterizados por pliegues abiertos, fallas normales con buzamiento abrupto, y fallas de desplazamiento por el rumbo con dirección NE-SW.

Estos depósitos se encuentran fuertemente deformados solo hacia la región oriental de Cuba, a lo largo de la falla Oriente con dirección EW, apareciendo pliegues recumbentes (tumbados), fallas de desplazamiento por el rumbo, inversas y normales, producto de encontrarse en el límite transformante activo entre las placas de Norteamérica y el Caribe. (Iturralde-Vinent *et al.,* 2016).

Carso

El carso (*karst*) se forma por disolución, fundamentalmente, debido a la acción de aguas naturales sobre rocas solubles. Este proceso genera una serie de caracteres morfológicos del relieve a diferentes escalas. Más del 66 % de la superficie de Cuba está formada por rocas carsificadas en mayor o menor grado. Las formas cársicas más comunes presentes en Cuba son: lapiés, también se conoce bajo los términos de: lenar, karren, karr, grikes y en Cuba se denomina "diente de perro". Existen depresiones como dolinas de diferentes formas y profundidades, uvalas, cenotes, casimbas (sinkholes), ponores, poljes y otros valles cársicos. Elevaciones como mogotes, de torres, cúpulas y conos, así como mesetas y otras alturas. También abras cársicas o desfiladeros y cañones fluviocársicos. Asociados a la línea costera e incluso a la plataforma submarina, se encuentran nichos de marea, también llamados, voladizos, colgadizos y solapas, así como cuevas abrasivo-cársicas o cuevas marinas. Los puentes naturales, aunque son formas relícticas del carso, también pueden observarse con frecuencia. En el subsuelo son abundantes las cuevas, cavernas y sistemas cavernarios de variadas génesis, dimensiones y proyecciones.

Recursos minerales

La isla de Cuba contiene importantes recursos minerales sólidos metálicos y no metálicos, de una gran variedad de materias primas, que incluyen dentro de los metálicos: hierro - níquel - cobalto (Fe - Ni - Co), cobre (Cu), plomo - zinc (Pb - Zn), oro (Au), plata (Ag), hierro (Fe), manganeso (Mn) y cromo (Cr). En menor proporción wolframio (W), antimonio (Sb), elementos de las tierras raras (ETR) y elementos del grupo del platino (EGP). Entre los no metálicos, tales como: arcilla, asbesto, arena, arenisca, andesita, basalto, bentonita, caliza, cuarcita, cuarzo, caolín, cianita, feldespato, fosforita, granate, gabro, grafito, granito, marga, mármol, magnesita, mica, olivino, paligorskita, piedras semipreciosas, jadeita, sal gema, serpentina, talco, toba, yeso, zeolita, arena sílice y peloides.

La laterita portadora de Fe - Ni - Co, que es procesada por la industria para la obtención de concentrados de Ni + Co, constituye la principal riqueza mineral del país, aunque también se explotan depósitos de cromo, plomo - zinc - plata y de oro. También es aprovechada una gran cantidad de rocas y minerales industriales, entre los que se destacan, los destinados a la industria del cemento y otros materiales de construcción; la fosforita y zeolita, destinada a la agricultura; y otros que cubren un amplio espectro de usos actuales identificados y muchos otros posibles.

En general, puede afirmarse que Cuba cuenta con una buena base de recursos minerales, cuyo nivel de desarrollo, sin embargo, es aún bajo en relación con el conjunto de sus potenciales aplicaciones. No obstante, todos estos tipos de materias primas están bien localizados y debidamente documentados a la luz del conocimiento geológico actual.