



---

---

## Geología y Aspectos Geográficos de la Isla de San Andrés, Colombia

---

---

GERMAN VARGAS-CUERVO

Profesor Asociado, Departamento de Geografía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Email: [guargasc@unal.edu.co](mailto:guargasc@unal.edu.co)

VARGAS, G.(2004): Geología de la Isla de San Andrés, Colombia.- GEOLOGIA COLOMBIANA, 29, pp.71-87 , 8 Figs., Bogotá.

### RESUMEN

La Isla de San Andrés ha sido definida geológicamente por varios autores en dos unidades calcáreas de características bien marcadas: Una unidad de calizas heterogéneas, denominada como Formación San Andrés de edad Mioceno y una unidad de calizas coralinas de edad Pleistoceno, conocida como Formación San Luis. La primera unidad aflora en la parte central de la isla y representa la zona de colinas suaves con alturas máximas de 87 m.s.n.m y la Formación San Luis constituye la región plana a suavemente inclinada de la plataforma arrecifal emergida.

Los estudios realizados comprendieron análisis de la información geológica existente, revisión de los registros y núcleos de las perforaciones existentes, interpretaciones fotogeológicas utilizando registros de diferentes épocas, levantamientos y controles detallados en campo a escalas 1:5000 y 1:10000, descripción macroscópica de muestras de campo y análisis petrográfico de 22 secciones delgadas de roca.

Como resultado final de este trabajo, se presentan nuevos aportes al conocimiento litológico y estructural de la isla. Se cartografiaron y caracterizaron tres litologías de la Formación San Andrés, se obtuvo una cartografía detallada de los depósitos inconsolidados mediante estudios multitemporales de fotografías aéreas y sondeos manuales de campo. Se identificaron y cartografiaron por primera vez lineamientos y fallas geológicas de importancia como la Falla de San Andrés Islas, la Falla del Cove y la Falla de Punta Hansa; igualmente se destacan aspectos paleontológicos extractados de trabajos anteriores.

Palabras clave: Isla de San Andrés, Mar Caribe, Mioceno, Pleistoceno, Arrecifes coralinos.

### ABSTRACT

Several authors have defined the geology of San Andrés Island as having two different calcareous units: A heterogeneous limestone unit, known as San Andrés Formation of Miocene age; and a coralline limestone unit defined as San Luis, of Pleistocene age. The first unit arises on the central part of the island and represents the zone of smooth hills with maximum elevations of 87 meters. San Luis Formation represents the smooth and flat region of the emerged coral reef platform.

Studies made within the framework of this work included the analysis of the existing geological information, revision of the registries and cores of the existing perforations, photo-geologic interpretations by mean of multi-temporal aerial photography, field surveys and detailed control at scales 1:5000 and 1:10000. It also includes a macroscopic description of field samples and petrography analyses of 22 thin rock sections.

Contributions of this work are given in terms of the lithology and structural geology of San Andres Island. They comprise the differentiation of three lithologic units in San Andrés Formation and the development of a detailed cartography of the non-consolidated deposits of the island by using multi-temporal photography and field soundings. Besides, several features such as lineaments and geological faults are identified and mapped for the first time, including San Andrés Islands Fault, Cove Fault, and Punta Hansa Fault.

Key words: San Andres Island, Miocene, Pleistocene, Coral reefs.

## INTRODUCCIÓN

En este aparte se presenta una breve descripción de los aspectos geográficos, climáticos, hidrológicos, geomorfológicos y de amenazas naturales de la Isla de San Andrés.

### Localización geográfica y acceso

La Isla de San Andrés se encuentra situada en el departamento de San Andrés y Providencia, en el Mar Caribe a 619.6 Km al noroeste de Cartagena, entre los 12°28'55" y 12°35'37" de latitud Norte, y entre 81°40'49" y 81°43'23" de longitud Oeste. Es una isla de aspecto alargado y en forma de "caballito de mar" con una superficie aproximada de 27 km<sup>2</sup>.

El archipiélago consta de un conjunto de islotes y cayos que se extienden por espacio de cerca de 500 Km<sup>2</sup>, con nombres como Johny Cay, Rose Cay, Rocky Cay, Haynes Cay, Cotton Cay, Courtwon Cay, Haynes Cay, Albuquerque Cay, Grunt Cay, Grasey Cay, Roncador Bank, Serrana Bank, Serranilla Cay y Quitasueño Bank. El presente estudio involucra solamente la Isla de San Andrés.

La Isla de San Andrés presenta en la parte norte, el casco urbano con una zona hotelera y comercial bien desarrollada. Los barrios de los pobladores nativos se extienden longitudinalmente siguiendo las cimas de la zona colinada. Las viviendas en estos sectores son por lo general de madera. Otra zona urbana de menor envergadura es la de San Luis, localizada en el borde centro oriental de la Isla.

Desde un punto de vista de infraestructura vial, San Andrés cuenta con un desarrollo vial importante en la zona litoral, caracterizado por una vía circunvalar pavimentada en asfalto de 32.7 km. También otra vía pavimentada se presenta por la región central colinada entre The Hill - Cove con 7.7 km de longitud. Carreteras no pavimentadas atraviesan la isla transversalmente. (ver Fig. 1).

### Aspectos Climáticos

La Isla de San Andrés está localizada en la Zona Intertropical; el clima es cálido-húmedo y está influenciado por sus características fisiográficas como por la acción de los Vientos Alisios que soplan desde el nordeste.

La temperatura media anual varía entre 27.5°C en la costa y 26.5°C en la parte de la isla en la zona colinada. La temperatura media mensual es relativamente uniforme durante el año. Los extremos absolutos varían entre 17°C y 35°C.

La humedad relativa media anual es del 81%; los registros medios mensuales varían entre 78% y 84% a lo largo del año. Los valores más bajos se observan entre Enero y Abril y los mayores entre Junio y Octubre.

La evapotranspiración potencial media anual en la isla es de 1740 mm; los valores medios mensuales varían entre un máximo de 177 mm en Marzo y un mínimo de 116 mm en Octubre.

En promedio hay 2650 horas de brillo solar en el año, lo que representa una insolación media anual del 61%.

Los vientos dominantes en la Isla de San Andrés soplan desde el Este; las rachas máximas se presentan entre Agosto y Noviembre, los valores que varían entre 45 y 70 km/h. Al paso de los huracanes se han registrado vientos con velocidades superiores a 120 km/h.

La precipitación media anual sobre la Isla es de 1850 mm. La distribución mensual es monomodal; se caracteriza por un período de lluvias bajas entre Enero y Abril donde se registra el 8% del total anual, y uno de lluvias altas, entre Junio y Noviembre con el 75% del total anual.

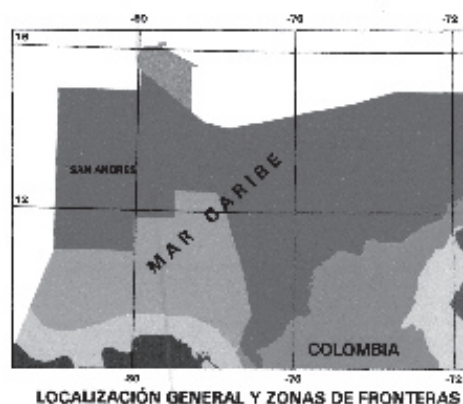
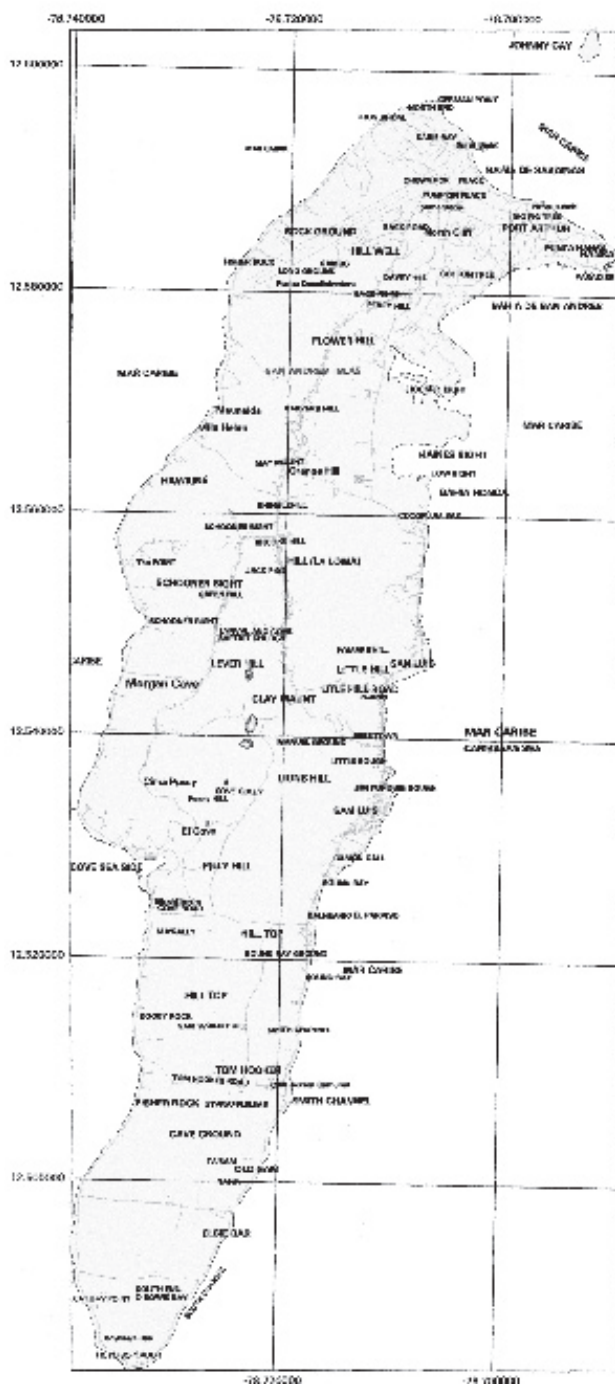
### Aspectos Hidrológicos

En la Isla de San Andrés no hay corrientes superficiales permanentes. Ocasionalmente, durante los períodos lluviosos se forman pequeños cauces, como el de La Rada, y El Cove al occidente de la isla otros caños menores drenan hacia la zona pantanosa del oriente. Estos caños tienen menos de 1 km de longitud, nacen en el sistema de colinas que se presentan en la parte central de la isla y drenan áreas pequeñas. Las características geológicas de las vertientes favorecen la ocurrencia de una escorrentía superficial alta en la mayor parte de la Isla y la recarga de acuíferos profundos en algunos sectores particulares. Por esta causa, los caudales de escorrentía son altos durante el período lluvioso, julio a noviembre, y durante los meses de baja pluviosidad, enero a abril, las corrientes superficiales se secan.

Por otra parte una de las fuentes de agua potable en la isla, la constituyen los acuíferos, en los cuales se destaca el localizado en la depresión del Cove.

### Aspectos Geomorfológicos

La Isla de San Andrés se caracteriza por su forma alargada. Presenta una longitud de 13 Km y un ancho



A grandes rasgos la Isla de San Andrés está constituida por tres unidades morfológicas mayores así: a) morfología costera de arrecifes, playas y manglares, b) morfología de plataforma arrecifal emergida periférica, c) morfología central de colinas y escarpes.

La morfología costera se caracteriza por presentar una diversidad de geofomas representadas por playas, acantilados, barras de arenas coralinas, depósitos de arenas y gravas producidas principalmente por mares de levadas y manglares.

Pese a que la Isla está bordeada por el mar Caribe, las playas representan un pequeño sector de la isla (< 2%). Ellas se ubican en la parte norte y oriental de la Isla. Son calcáreas, blancas y crema, de amplitudes variables entre unos pocos metros y un máximo de 31 m e inclinaciones hasta los 9°. Los bordes arrecifales se manifiestan de diferentes formas como acantilados o pequeños escarpes con alturas máximas de 4 o 5 m, plataformas suavemente inclinadas con bordes dentados, superficies rugosas y presencia de cavernas. Los manglares caracterizan un paisaje pintoresco de pantanos y a la vez sombrío con especies vegetales características que emergen sobre zonas de arenas entremezcladas con turbas y restos de vegetales.

Fig. 1. Isla de San Andrés. Localización general y sitios geográficos.

medio de 2.5 km. Cubre una superficie total de 27 km<sup>2</sup> y presenta relieve con alturas máximas de 87 m.s.n.m. Los puntos más altos se presentan en la cima Pussy con 87 m.s.n.m y en la cima Samwright al sur de la isla, con 82 m.

La zona de plataforma arrecifal emergente, se caracteriza por desarrollar una morfología plana a suavemente inclinada con un relieve muy bajo (nivel del mar y 10 m), pendientes menores de 5° orientadas en dirección del mar Caribe, de formas rectas, en las que sobresalen localmente pequeñas ondulaciones y colinas residuales

conformadas por rocas más antiguas (Formación San Andrés).

La zona colinada se orienta en dirección norte y noreste, en la parte central de la isla. Allí, se presenta una diversidad de geoformas, como escarpes con alturas hasta de 30 m que bordean gran parte del costado oeste de la serranía, altiplanos, depresiones morfológicas (El Cove) y colinas denudadas.

#### Aspectos Socioeconómicos

San Andrés se agrupa dentro del joven Departamento de San Andrés y Providencia, nombre aportado por sus islas de mayor extensión. Desde el siglo pasado la Isla de San Andrés es la de mayor población y también la más visitada por los turistas, por lo cual la capital se localiza en el poblado de San Andrés (North End) de la Isla de San Andrés, situado en la Bahía del mismo nombre y de pujante desarrollo urbanístico. Otras localidades importantes por el desarrollo que han alcanzado son San Luis y La Loma (The Hill).

En el pasado en la Isla de San Andrés tuvieron lugar numerosas expediciones inglesas que dejaron en la isla gran parte de la herencia cultural que hoy se aprecia en su idioma nativo, sus danzas, costumbres, principios religiosos y actitudes.

La presión demográfica cada vez más intensa en la isla, produce necesidades entre las cuales se cuenta: la demanda de agua dulce, la necesidad de materiales de construcción, adecuación de sitios para diversos propósitos, manejo de la tierra, y la disposición de aguas servidas y desechos sólidos. La satisfacción de tales necesidades produce desequilibrios en la naturaleza, los cuales deben ser cuidadosamente medidos, buscando causar el mínimo impacto. La necesidad de adecuar terrenos urbanizables ha conducido a la realización de rellenos con material dragado del océano, y a la ocupación de antiguas áreas cenagosas.

De otro lado, la necesidad de proveer agua dulce para el consumo humano llevó hasta hace poco tiempo a la construcción incontrolada de numerosos pozos.

El principal recurso económico de los pobladores de la isla es el turismo, favorecido por el clima tropical caribeño y el comercio desde su creación como puerto libre en 1959. La agricultura es escasa, solo se manifiesta con cultivos de coco en una extensión de 2000 ha, y localmente con cultivos de plátano y cítricos. La pesca tiene un carácter estrictamente doméstico y

su producto se destina a satisfacer las necesidades alimenticias de la isla.

#### Amenazas Naturales

San Andrés Islas, por su posición geográfica en la zona caribe, es altamente vulnerable a las tormentas tropicales y los huracanes; registros históricos reportan eventos huracanados desastrosos en 1932, 1935, 1971, 1984, dos en 1988, y el más reciente, el Huracán César, en Septiembre de 1996.

Otro fenómeno frecuente en la Isla de San Andrés son las inundaciones, particularmente en la zona urbana de la isla (sector hotelero) y San Luis. Estos eventos se producen por varios aspectos naturales y antrópicos: el contexto geológico geomorfológico sobre antiguas zonas de lagunas y manglares y el dique que constituye la vía circunvalar produce un efecto de "piscina" sobre la parte baja de la isla, principalmente por deficiencias en el sistema de drenaje.

Desde un punto de vista de amenaza sísmica la isla de San Andrés está catalogada como una zona de amenaza baja con un coeficiente de aceleración máxima horizontal de 0.10 gr. para un sismo con un periodo de retorno de 475 años. El evento sísmico más relevante se relaciona con el temblor del 12 de Febrero de 1995, con una magnitud de 5.3 grados en la escala de Richter, que ocasionó daños en edificaciones, el muelle y el aeropuerto. Estudios de INGEOMINAS (1996) determinaron que las zonas de rellenos artificiales hidráulicos, son altamente susceptibles a desarrollar fenómenos de licuefacción con grados de amenaza moderada a alta. Igualmente los depósitos de arenas y gravas de espesor moderado a bajo, pueden presentar amenaza baja por este tipo de fenómeno.

Otros fenómenos de menor envergadura en la isla son los fenómenos de erosión y movimientos en masa. En la región colinada sobre las regiones escarpadas, localizadas principalmente en el extremo oriental, se presentan caídas de bloques rocosos por efecto del alto fracturamiento de las rocas calcáreas cristalinas. Otros movimientos como pequeños desplomes de suelo y roca meteorizada se asocian a zonas escarpadas de calizas lodosas. En la zona costera la erosión en la isla se manifiesta por la disolución, socavación y desplome del arrecife.

En la zona colinada la erosión eólica y pluvial, actúa en conjunto con los efectos antrópicos degradantes. Estos procesos erosivos se presentan en forma de

erosión laminar y concentrada en surcos, cárcavas y hondonadas, particularmente acentuada en el flanco oriental de la región colinada.

Otro proceso geológico amenazante en la isla lo constituye la presencia de zonas kársticas como la ubicada en la región del Cove. Estas áreas que permanecen gran parte del año inundadas, son susceptibles a hundimientos y desplomes de techos cavernosos.

Otros fenómenos amenazantes que pueden afectar la isla, se asocian al cambio climático global como la expansión oceánica por el calentamiento global y el ascenso del nivel del mar (1 metro en 100 años); en este caso se afectaría gran parte de la zona urbana al norte de la isla y en el sector de San Luis.

## GEOLOGÍA GENERAL

### Estudios Geológicos Anteriores

En la Isla de San Andrés son varios los estudios e interpretaciones geológicas realizadas anteriormente. Entre estos estudios se destacan los siguientes:

Raasveldt (1955), realiza un primer mapa fotogeológico de las islas de San Andrés y Providencia.

Hubach (1956) realiza la primera caracterización litoestratigráfica de la isla. Define tres formaciones: 3) Formación de la Plataforma Marina reciente hasta subreciente, 2) Formación de la Plataforma terrestre de edad Pleistoceno y 1) Formación San Andrés de edad Mioceno.

Burgl (1959), caracteriza tres unidades litoestratigráficas: Plataforma Marina, Plataforma Terrestre y Calizas del Interior.

Geister ha realizado innumerables y valiosos trabajos de geología, paleontología, geomorfología y ecología en la Isla de San Andrés (1972, 1973a, 1973c, 1975, 1977, 1980, 1983, 1984, 1986, 1992). En su última publicación (Geister & Díaz 1996) recopilan gran parte de los estudios realizados y definen cuatro unidades geológicas: 4) Rellenos artificiales y arrecifes de edad reciente, 3) Formación de bahía, en la cual se diferencian tres unidades litológicas: arenas y gravas de playa; arenas y lodos y derrubios, 2) Formación San Luis de edad Pleistoceno, con dos unidades de terrazas bajas coralinas: recientes y antiguas, 1) Formación San Andrés de edad Mioceno, constituida por calizas coralinas.

Planhidro Ltda (1974), realiza un estudio hidrogeológico de la isla. En este trabajo se diferencian depósitos cuaternarios de origen aluvial, de ladera y conos de deyección. La Formación San Luis se caracteriza por calizas coralinas. La Formación San Andrés por tres litologías no diferenciadas cartográficamente: una calcárea cristalina, una calcárea arenosa y una calcárea arcillosa.

INGEOMINAS (1992) efectúa un estudio geológico de la isla en el marco del proyecto hidrogeológico del acuífero de San Andrés. En este trabajo se diferencian la Formación San Luis y la Formación San Andrés con dos miembros (calcáreo y arcilloso).

### Marco sismotectónico regional

El Archipiélago de San Andrés y Providencia está formado por una serie de islas con tendencia N-NE, desde los Cayos de Albuquerque al sur, hasta el Promontorio de Nicaragua al norte. La plataforma continental está separada de la plataforma insular por un graben submarino con profundidades entre 450 y 1800 metros. La margen este del archipiélago está constituida por pendientes pronunciadas que alcanzan profundidades del orden de 3000 metros.

En general, el basamento de las islas está compuesto por rocas volcánicas relacionadas con la actividad tectónica debida a la evolución de las fallas de transformación a lo largo del borde norte de la Placa Caribe. Durante el Eoceno tardío al Oligoceno temprano, se produjo fallamiento en la litosfera de la Placa Caribe, acompañado por actividad volcánica a lo largo de las fracturas (Malfait & Dinkelmann 1972). Probablemente el arco de San Andrés y Providencia resultó del vulcanismo a lo largo de una de estas fracturas ancestrales. Un abrupto fin del vulcanismo terciario ocurrió en el Pleistoceno temprano, reestableciéndose los procesos de sedimentación calcárea.

Según Molnar & Sykes (1969), en su análisis de la tectónica de la región Caribe y Centro América, a partir de la sismicidad y los mecanismos focales dentro de todas las zonas estudiadas, el meridiano 82.5°W presenta una sismicidad muy intensa entre la costa pacífica de Panamá y el sur. Los mecanismos focales de esta zona muestran que es una falla de transformación que no está asociada al Ridge de Cocos; esta zona es conocida como fractura de Panamá. El muestreo sísmico que utilizaron para el análisis abarca desde 1954 hasta 1962, observándose una sismicidad incipiente sobre el mismo meridiano 82.5°W, pero en el norte, al este de la costa nicaragüense.

Según Christofferson (1983), existe una zona con sismicidad activa a lo largo del meridiano 82°W, que se extiende desde el litoral de Costa Rica al sur (10°N), hasta la fosa de las Islas Caimán (18°N) con una longitud aproximada de 800 Km en la dirección N-S y de 150 Km. en la dirección E-W. También establece una zona asísmica entre el 15°N y el 16.5°N.

La franja sísmica constituye el límite entre la Placa Centroamericana y la Placa Caribe al este de Nicaragua, consistente de fallas de transformación sinestrales; debido a la distribución amplia y difusa que presentan los sismos en esta área, se piensa que este límite está poco evolucionado. La Placa Centroamericana presenta un movimiento independiente de la Placa del Caribe, hacia el SW.

Kellog & Vega (1995), determinan el movimiento relativo de las placas Caribe, Suramérica, Nazca, Cocos y el Bloque de Panamá, con base en medidas realizadas con GPS. Para la Isla de San Andrés, se determina un acercamiento de 11 mm/año con Liberia (Costa Rica) y con Ciudad de Panamá. Los mecanismos focales y la sismicidad registrada en esta zona, sugieren la existencia de una zona de Benioff pobremente definida, con un buzamiento de 50° hacia el SW, debajo del Cinturón Plegado de Panamá. Al parecer, este cinturón se extiende hasta Costa Rica, donde está constituido por un sistema de fallas inversas. Se registra además un acercamiento entre San Andrés y Cartagena de 10 mm/año, y entre San Andrés y Montería de 15 mm/año, lo que indica un movimiento con dirección NW-SE; la mayor deformación tiene lugar en el Cinturón Deformado del Caribe. De acuerdo con estos últimos resultados, al comparar con los desplazamientos de la Placa Nazca hacia la Placa Suramericana, se obtiene una velocidad que oscila entre tres y seis veces más que la Placa Caribe, lo cual explicaría la razón de encontrar una sismicidad tan incipiente en el área de San Andrés.

#### UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS

Estratigráficamente la Isla de San Andrés está constituida por rocas de origen calcáreo de edad terciaria y por depósitos cuaternarios de diferente origen y composición. Las rocas de edad terciaria están definidas por dos formaciones litoestratigráficas contrastantes litológica y morfológicamente: la Formación San Andrés de edad Mioceno y la Formación San Luis de edad Pleistoceno (Fig. 2).

Los depósitos cuaternarios están representados por depósitos de origen lacustre; depósitos asociados

a zonas de manglar; depósitos de vertientes, como coluviones y derrubios. Otros depósitos recientes de origen antrópico en la isla, lo constituyen materiales de relleno artificial de tipo sanitario e hidráulico.

#### UNIDADES DE ROCA

##### Formación San Andrés

La Formación San Andrés fue definida por primera vez por Hubach (1956) y caracterizada en sus aspectos geográficos y recursos.

##### Edad y Paleontología

La edad de la Formación San Andrés ha sido establecida paleontológicamente como Mioceno Medio a Superior, a través del análisis de muestras con foraminíferos y moluscos (Royo y Gómez 1947; Burgl 1959).

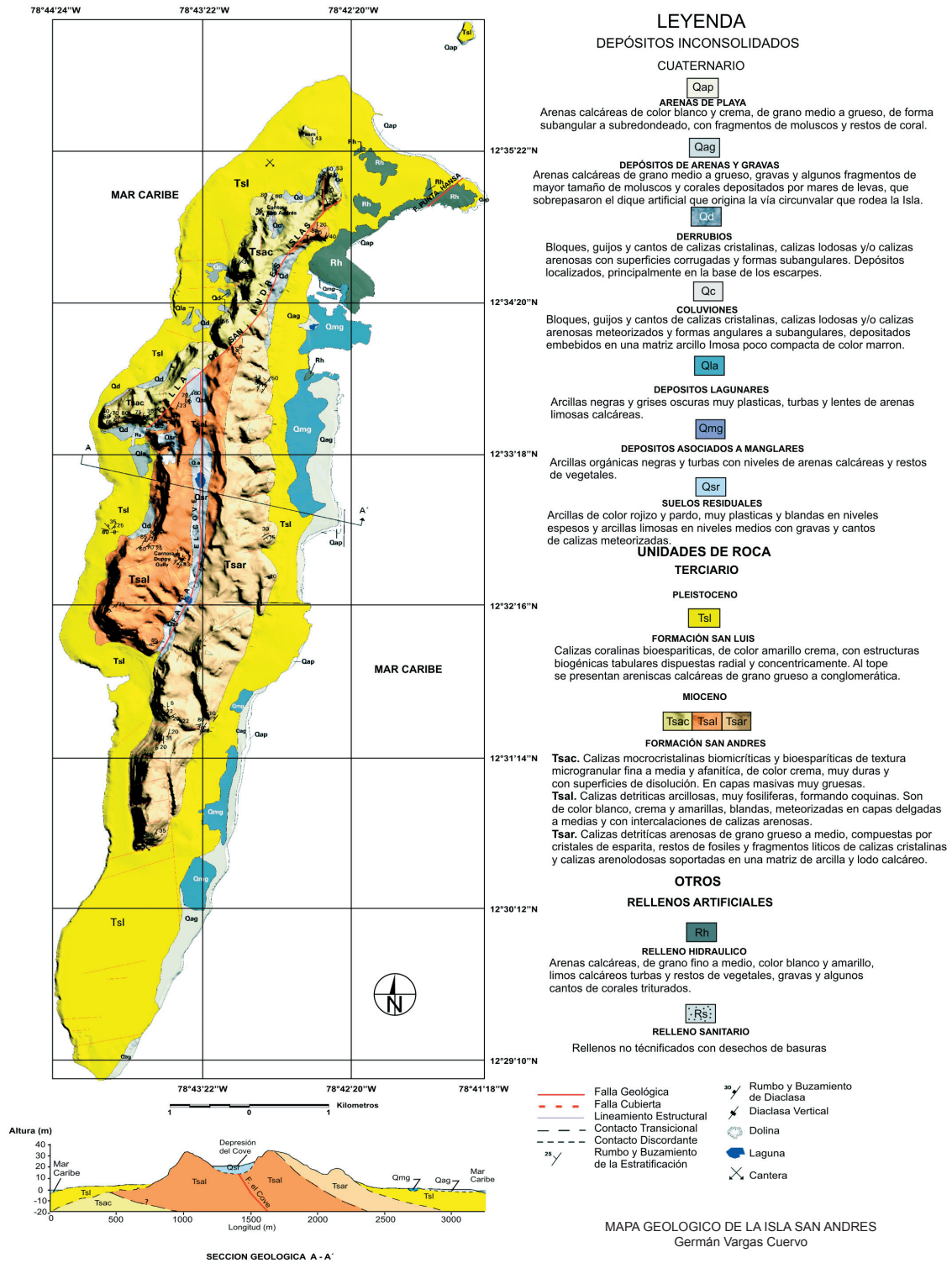
Las faunas de foraminíferos y moluscos más representativas de la Formación San Andrés fueron expuestas por Burgl (1959), así: Foraminíferos: *Archaias angulatus*, *Archaias compressus*, *Amphistegina angulata*, *Amphistegina bowdenensis*, *Amphistegina lessonii*, *Elphidium sagrum*, *Cibicides tenuimargo*. Moluscos: *Pecten*, *Dosinia*, *Lucinia floridana*, *Venericardia*, *Doinica*, *Chione spenceri*, *Turritella gilbertharrisii*. Este mismo autor establece como los restos orgánicos más característicos de las rocas de esta unidad *Rotalia rosea*, ostrácodos, púas de erizos de mar, espículas de esponjas, escleritos de octocorales.

##### Espesor

Se desconoce con exactitud el espesor de la Formación San Andrés. En las perforaciones más profundas realizadas por INGEOMINAS en el marco del estudio hidrológico de la isla con 113 m (PP-III-003), no han alcanzado el nivel de base de esta unidad. Estudios geofísicos de refracción sísmica realizados por INGEOMINAS, interpretan que el basamento bajo la Formación San Andrés de composición volcánica, podría estar cerca de los 250 m de profundidad.

##### Litología

En general esta formación ha sido descrita como una secuencia de calizas microcristalinas esparíticas de origen químico, calizas arenosas y calizas lodosas de origen detrítico y químico, con sectores de calizas ricas en fósiles bien conservados (coquinas). En este



MAPA GEOLOGICO DE LA ISLA SAN ANDRES  
 Germán Vargas Cuervo

Fig. 2

estudio se diferenciaron tres unidades litológicas: calizas microcristalinas, calizas detriticas lodosas y calizas detriticas arenosas.

#### Calizas microcristalinas (Tsac)

Denominadas por Bürgl (1959), como “calizas macizas”, afloran sobre el costado noroeste de la región colinada de la isla, entre Nort Cliff, Davey Hill, Hill Well, Flower Hill, Barkers Hill, la Cima Pussy. Desarrollan una morfología de meseta ligeramente alargada en dirección NE, escarpada en su costado oeste y plana a ligeramente ondulada en la parte superior.

Esta unidad se encuentra constituida por calizas microcristalinas que varían lateralmente (de norte a suroeste), de biomicritas a biomicroesparitas (Ver Lámina 1, foto A).

Las biomicritas se encuentran bien expuestas en la región del North Cliff. Allí se presentan de color blanco y crema, con estratificación muy gruesa, muy fracturadas, muy duras, con superficies rugosas por disolución de los carbonatos y presencia de marcas de oleajes y cavernas. Mineralógicamente se componen de una matriz criptocristalina a microcristalina calcárea que engloba microfósiles de moluscos y cristales de calcita esparita y microvenillas de calcita. Sobre estas rocas se desarrolla una porosidad por disolución de restos fósiles.

Las biomicroesparitas se presentan bien expuestas en los escarpes al occidente de la Cima Pussy. Allí se observaron estas rocas de color crema y blanco, con estratificación media a gruesa, de superficies de estratificación lisas y rugosas por alteración química, frescas a poco meteorizadas, muy duras, fracturadas a masivas; se componen de una matriz microcristalina conformada por finos cristales de calcita esparita (tamaño limo). Esta matriz engloba cristales de calcita esparita tamaño arena fina y moldes de microfósiles remplazados por calcita esparita, principalmente moluscos, foraminíferos y algas. Observaciones de campo indican que estas rocas cristalinas muestran un incremento de grano hacia el suroeste; igualmente se presentan intercalaciones de calizas lodosas con núcleos de rocas cristalinas (Ver Lámina 1, foto D).

En los afloramientos del escarpe occidental de la “Zona colinada”, estas rocas alcanzan un espesor de 25 metros. Aunque el contacto con las unidades litológicas de calizas lodosas y calizas arenosas está marcado cartográficamente en este estudio por la Falla de San Andrés Islas, su límite no es neto sino corresponde a una

zona de unos 100 a 200 metros en donde es evidente el alto grado de fracturamiento de las rocas, la presencia de fragmentos de caliza microcristalina de diferente tamaño, embebidos en masas de caliza lodosa blanca y muy alterada. En varios sectores estos afloramientos se presentan enmascarados por depósitos recientes (derrubios).

#### Calizas detriticas arcillosas (Tsal)

Estas rocas predominan en la zona central de la denominada zona colinada. Desarrollan una morfología de pendientes abruptas a escarpadas hacia el borde occidental y hasta la región del Cove en la parte superior, conforman la depresión morfológica del Cove y colinas suavemente onduladas.

Esta unidad está constituida predominantemente de calizas de origen detritico y químico, de textura lodosa muy ricas en fósiles. Por su aspecto blancuzco y deleznable le han atribuido nombres como “Caliche” (Bürgl 1959) y “Caliza tobacea” (Hubach 1956). Estas rocas se presentan con intercalaciones de calizas detriticas areno-lodosas y areno gravosas, localmente lentes de calizas cristalinas microesparíticas y biomicriticas.

En afloramiento estas rocas se observaron en capas delgadas (20 cm) a medias (50 cm), generalmente meteorizadas, con superficies caoliniticas de color blanco, untosas, de dureza media a blandas, muy porosas, en sectores con alta concentración de fósiles formando coquinas. En profundidad estas rocas se tornan de mayor dureza y consistencia (Ver Lámina 1, foto B).

Mineralógicamente están constituidas por una matriz de arcilla y lodo calcáreo, con intraclastos de cuarzo y con fósiles bien conservados de moluscos y algas. Estos últimos, constituidos por calcita esparita y calcita fibrosa. Estas rocas muestran porosidad por disolución de los microfósiles y de cristales de la calcita esparítica (Ver Lámina 1, foto E).

#### Calizas detriticas arenosas (Tsar)

Estas rocas predominan en el costado oriental de la zona colinada interior o central. Morfológicamente estas rocas desarrollan una morfología de colinas desnudas y disectadas con patrones de drenaje paralelos que les dan una forma geométrica y elongada en dirección EW, particularmente hacia la parte norte. Estas rocas se observaron en afloramiento de color amarillo crema, en capas delgadas (10 cm) a medias (50 cm), generalmente



frescas a poco meteorizadas, de dureza media a baja y poco fracturadas. Ver lamina 1, foto C

Esta unidad está constituida por calizas de origen detrítico y químico, de textura arenosa de grano grueso a medio y areno-lodosa. Mineralógicamente se componen de intraclastos de cristales de esparita, restos fósiles de moluscos y granos de calizas micríticas preexistentes. En general, son rocas grano-soportadas (sin matriz) y lodo-soportadas (matriz lodosa a base de arcilla calcárea). En algunos sectores se presentan parcialmente cementadas por calcita esparita (Ver Lámina 1, foto F).

#### Formación San Luis (Tsl)

Corresponde a la unidad informal de plataforma arrecifal emergida, referida por Hubach (1955) e introducida por Geister (1973, 1975). Está constituida por calizas coralinas arrecifales. Estas calizas son de composición bioesparítica. Esta unidad de rocas constituye la plataforma continental de la Isla de San Andrés, que se manifiesta por desarrollar una morfología plana a ligeramente inclinada hacia el océano. También constituyen el material litológico de las islas y cayos aledaños.

#### Edad y Paleontología

La Formación San Luis no contiene faunas fósiles de foraminíferos ni moluscos; los únicos indicios para considerarla como pleistocena - subreciente son: el nivel bajo de la plataforma terrestre y su relación estrecha con las calizas recientes, particularmente con las de la costa occidental (Burgl 1959).

#### Espesor

De acuerdo a registros de perforaciones realizadas en esta formación, se estima que el espesor de la Formación San Luis alcanza los 15 metros.

#### Litología

La Formación San Luis se encuentra constituida predominantemente por calizas cristalinas coralinas y localmente en las zonas de transición continental a marina por areniscas calcáreas de grano grueso. Las calizas coralinas presentan texturas cristalinas gruesas, con estructuras biogénicas tabulares dispuestas radial y concéntricamente.

Los afloramientos de estas rocas se presentan principalmente en la zona costera, ya que al interior de la zona continental se encuentran cubiertos por un suelo residual arcilloso de color rojizo y con espesores

medios de 50 cm. Las calizas coralinas se muestran superficialmente de color negro y con superficies rugosas. Son rocas de alta dureza, frescas a poco meteorizadas aunque presentan procesos de disolución química. Localmente se manifiestan planos de diaclasas abiertas y con rellenos de material calcáreo y férreo (Ver Lámina 1, fotos G y H).

Mineralógicamente estas rocas se componen de cristales elongados de calcita esparítica de tamaño arena gruesa. Rellenando las cavidades tabulares se encuentran finos cristales de esparita (microesparita).

Las areniscas calcáreas se exponen como barras marinas. Son rocas inmaduras, constituidas por fragmentos tamaño arena gruesa a grava de restos de moluscos (conchas). Estas areniscas son rocas grano-soportadas (Ver Lámina 2, foto G).

#### DEPOSITOS CUATERNARIOS INCONSOLIDADOS

La caracterización y cartografía de los materiales inconsolidados superficiales es uno de los estudios más relevantes para la evaluación y la zonificación de las amenazas geológicas, razón por la cual en este estudio se incluye una cartografía detallada de estas unidades superficiales. En general en la Isla de San Andrés se presentan una gran diversidad de depósitos inconsolidados que fueron definidos por su origen, composición y espesor. Entre estos depósitos se tienen los de origen antrópico como los rellenos sanitarios y rellenos hidráulicos y los geológicos naturales definidos según su ambiente de depositación en: depósitos de arenas de playa, depósitos de laderas, depósitos de zonas lacustres y depósitos de manglares. A continuación se presenta una descripción de estas unidades.

#### Depósitos de Origen Denudacional

#### Suelos Residuales (Qsr)

En la Isla de San Andrés los afloramientos de roca son en general escasos (aproximadamente un 10%); gran parte de las rocas terciarias están cubiertas por suelos residuales y otros materiales inconsolidados. Para la cartografía de los depósitos inconsolidados, solo se identificaron las áreas de suelos residuales con espesores importantes (> 4 m).

Las calizas arrecifales de la Formación San Luis generan unos suelos residuales arcillosos de color rojizo dado el alto contenido de óxidos de hierro. Estos suelos presentan espesores máximos de 1.5 m.

Sobre las rocas calcáreas de la Formación San Andrés los suelos residuales más importantes se presentan sobre las calizas detríticas lodosas (Tsal). Estos suelos muestran en algunos sectores un perfil de meteorización bien desarrollado, particularmente en el sector del Cove donde existen condiciones litológicas (calizas arcillosas), tectónicas (Falla del Cove), morfológicas (cavernas y dolinas), e hidrológicas (acuíferos). Los espesores de estos suelos son importantes (20 m), lo cual ha originado interpretaciones erróneas, en estudios anteriores asignándolos como un miembro arcilloso de la Formación San Andrés (Ver Lámina 2, foto A, B y F).

Estos suelos están constituidos por arcilla calcárea, muy plástica y alterada, de color rojo pardo que gradúa en profundidad hacia la roca con coloraciones más claras (blanca amarillenta). En otros sectores los suelos residuales desarrollados a partir de las calizas de la Formación San Andrés, se presentan menos espesos (1 m), con superficies discordantes onduladas a irregulares, constituidos por una matriz arcillo limosa calcárea moderadamente plástica, embebiendo fragmentos de calizas.

Depósitos de Ladera

#### Derrubios (Qd)

Son fragmentos de rocas depositados en la base de las laderas y escarpes rocosos. Estos depósitos se presentan en la Isla de San Andrés en los taludes bajos o los pie de laderas de la zona central. El volumen y tamaño de los fragmentos es variable desde grandes bloques de 4 m<sup>3</sup> hasta gravas. Sobre los taludes occidentales es notoria la presencia de estos depósitos con bloques de calizas microcristalinas, que semejan un paisaje de “lluvia o caída de bloques” entre las viviendas, inclusive en los solares de ellas. En los sectores de calizas lodosas, los fragmentos son de menor tamaño y dependen de la pendiente topográfica y del grado de fracturamiento y alteración de las rocas presentes sobre estos taludes.

#### Coluviones (Qc)

En la Isla de San Andrés estos depósitos son de poca ocurrencia, En la región del Cove se identificó un depósito de coluvión caracterizado por presentar fragmentos de calizas muy alteradas, con tamaños hasta de 60 cm, de forma subangular a angular, embebidos en una escasa matriz arcillo-limosa de color marrón. El espesor de este depósito es de 1.5 m.

Depósitos de Origen Lagunar

#### Depósitos lagunares (Qla)

Son depósitos constituidos por arcillas, turbas y restos orgánicos. Las arcillas son muy plásticas

y blandas. Con base en los análisis de fotos aéreas multitemporales, estos depósitos se ubicaron en la parte norte de la isla en los sitios aledaños al aeropuerto y en el estadio. Estas áreas fueron rellenadas con arenas y gravas. Por otra parte, en la región del Cove se presentan estos materiales bajo las lagunas actualmente existentes.

#### Depósitos asociados a Manglares (Qmg)

Dado el ambiente de intercambio marino-costero de la isla, el desarrollo de manglares es notable. Sobre estas zonas de manglares la litología es particular. Allí se depositan arenas calcáreas y gravas formadas por fragmentos de corales. La descomposición de plantas sobre los suelos residuales produce capas turbosas y arcillas orgánicas, que origina un depósito de arenas, arcillas y turbas interdigitadas en formas de lentes. En la isla estos depósitos se presentan en varios sectores aledaños a la costa oriental. El espesor medio de estos depósitos es de 2 m.

Depósitos de Origen Marino-Costero

#### Arenas y Gravas (Qag)

En algunos sectores costeros, principalmente en el borde oriental de la isla, se presentan arenas y gravas calcáreas depositadas por huracanes y mares de levadas. Gran parte de estos materiales han sido extraídos como insumos de materiales de construcción. El espesor de estos depósitos puede alcanzar los 1.5 metros.

#### Arenas de Playa (Qap)

Las playas de San Andrés están constituidas por arenas calcáreas de color blanco-crema, de grano medio a grueso, de forma subangular a subredondeada, con fragmentos de moluscos y de corales. El espesor de estos depósitos de playa alcanza los 3 m. Los principales depósitos de arenas de playa se localizan en la parte norte de la isla (zona hotelera) y en algunos sectores de la costa oriental, entre los cuales se destacan el de Rocky Cay, San Luis y el Decamerón.

Depósitos de Origen Antrópico

#### Rellenos Hidráulicos (Qh)

Con base en los informes de referencia y en el análisis multitemporal de fotografías aéreas, se estableció que en la zona noreste de la Isla de San Andrés se realizaron rellenos artificiales que cubrieron parte de los arrecifes coralinos allí ubicados.

Estos rellenos denominados ingenierilmente como hidráulicos por el trituramiento y compactación de los materiales depositados, se constituyen principalmente de arenas y limos, y en menor proporción gravas y restos de materia orgánica. Las arenas son de composición calcárea, de grano fino a limosas, de color blanco y amarillo. Las gravas son predominantemente de restos de coral y moluscos. La materia orgánica se constituye principalmente de lentes de arcillas turbosas. El espesor de estos depósitos es variable y en algunos sectores alcanza los 20 m.

#### Rellenos Sanitarios (Qrs)

Son depósitos de desechos de basuras con restos orgánicos (vegetales), papeles, cartones, plásticos, envases de latas, entre otros. Este relleno no tecnificado, se localiza en el costado occidental de la isla, cerca de Schooner Bight a lado de la Planta de Reciclaje.

### GEOLOGIA ESTRUCTURAL

#### Fallas

##### Falla de San Andrés Islas

Esta estructura ha sido cartografiada por primera vez en este estudio; sin embargo en varios trabajos geológicos se habían reportado evidencias de la actividad tectónica que se asocia a ella. Esta estructura se localiza sobre la zona colinada de la isla, en su costado noroeste. Se caracteriza por su expresión (rectilínea) y contraste morfológico, la formación de silletas de falla, particularmente en el sector de Perry Hill, zonas de cizallamiento, espejos de falla y estrías de falla (sector del Colegio Bolivariano) y zonas de alto fracturamiento que se manifiesta en los escarpes rocosos del Clif y el Cove (Ver lamina 2, fotos D y E).

La Falla de San Andrés Islas afecta las rocas calcáreas del Mioceno de la Formación San Andrés. Presenta una extensión aproximada de 4 Km y una orientación de N45°E. La dirección del plano de falla no se conoce con precisión, dada la escasa exposición de los afloramientos que afecta, pero por su expresión morfológica y la medición de algunas estructuras asociadas (espejos y estrías de falla) se considera que es una falla de tipo normal con un plano de falla de bajo ángulo inclinado hacia el este.

Otras evidencias hidrogeológicas de esta falla se presentan al norte del North Cliff, bajo las rocas de la

Formación San Luis con zonas de recarga y acuíferos en la parte norte de la isla. Esto indica su prolongación en dirección NE. Por otra parte, técnicos de la Armada Nacional (información verbal) estiman que algunas anomalías batimétricas y geofísicas al norte de la isla y sobre el fondo marino podrían estar asociadas a esta estructura.

##### Falla de Punta Hansa

Esta estructura fue definida por la interpretación de fotografías aéreas del año 1944 (ver Fig. 3 ). Esta falla se localiza en la región de Punta Hansa en el extremo noreste de la isla. Es una falla de dirección N55°E, que muestra claramente un movimiento de rumbo sinistral, en el cual el bloque oriental se desplazó hacia el noreste y el bloque occidental hacia el suroeste.

La longitud de desplazamiento definida sobre estas fotografías aéreas es de unos 50 m. Teniendo en cuenta que esta falla afecta las rocas coralinas de la plataforma emergida de la Formación San Luis y el coral submarino ya que muestra sus efectos sobre la barrera coralina, se estima que es una falla del subcreiente (Fig. 3).

##### Falla del Cove

En trabajos geológicos e hidrológicos anteriores se ha definido esta estructura como un lineamiento estructural; sin embargo las observaciones morfológicas, litológicas de terreno, en testigos de las perforaciones y secciones delgadas, se estima que corresponde a una falla geológica de 3.5 Km de extensión.

Entre las principales evidencias de esta estructura se cita el alto grado de fracturamiento de las rocas calcáreas arcillosas de la Formación San Andrés (observadas en los testigos de las perforaciones) y la presencia de una brecha localizada a 80m de profundidad en una perforación (PP-III-003), sobre la zona de falla, la morfología de depresión con la presencia de zonas kársticas alineadas y lagunas superficiales alineadas, lo cual constituye una zona hidrogeológica particular en la isla (Ver lamina 2, foto C).

Por su trazo, se estima que es una estructura normal con una orientación N-S en la porción norte (perdiendo su expresión morfológica en la zona de la Falla de San Andrés Islas) y SSW en el sector meridional. Su dirección de movimiento e inclinación del plano de falla no se conoce con precisión pero se estima que se inclina hacia el este.

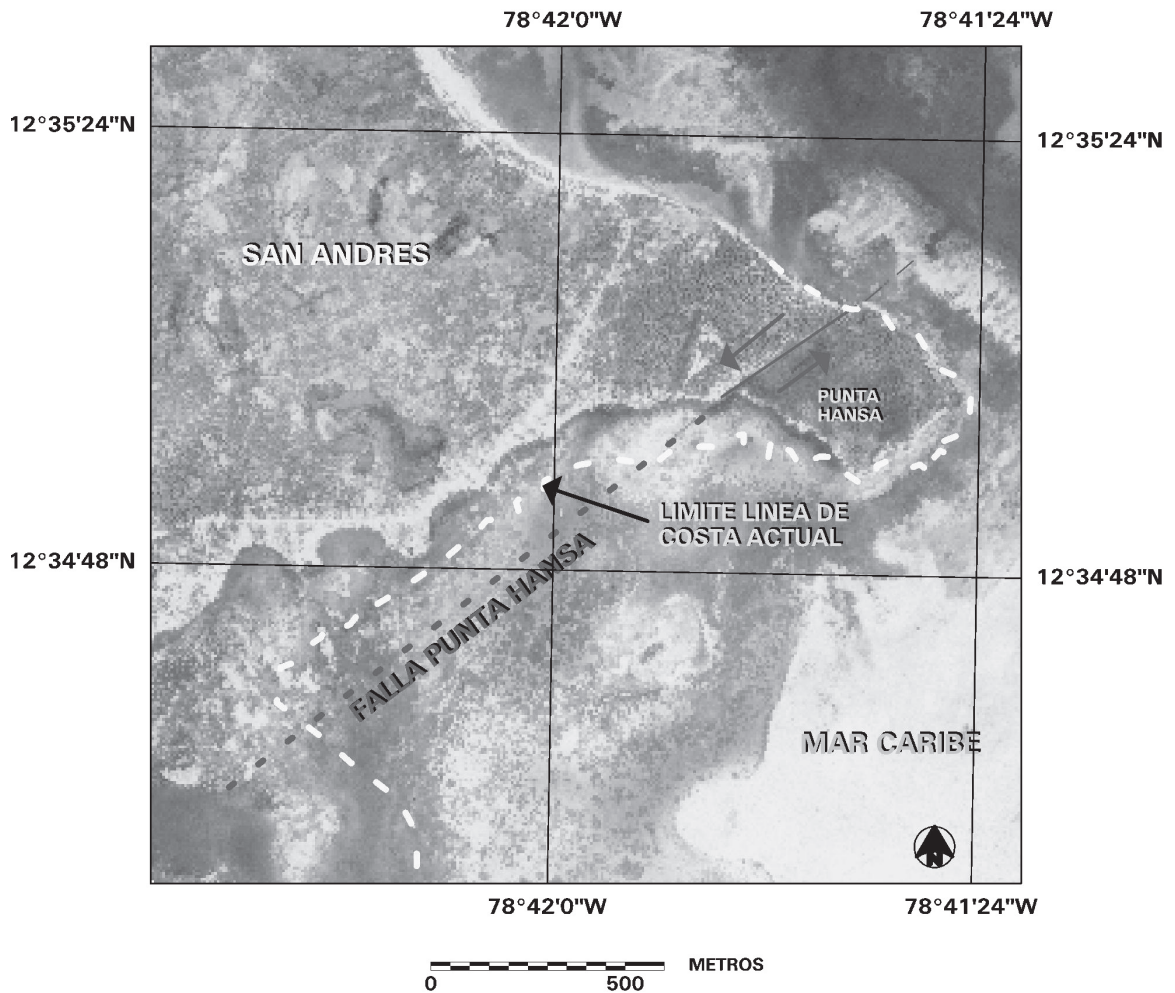


Fig. 3. Trazo de la Falla Punta Hansa visto en una fotografía del año 1944, actualmente emnascarada por los rellenos antrópicos. Nótese el desplazamiento de rumbo siniestral en la zona emergida

**Pliegues**

El plegamiento en las rocas de la Isla de San Andrés no es un rasgo muy desarrollado. En general las rocas terciarias de la Formación San Andrés se presentan orientadas en dirección N-S a NE e inclinadas al SE. Variaciones locales en la orientación e inclinación de los estratos se asocian más a basculamientos de bloques por tectonismo gravitacional que a plegamiento. Sólo se identificó con claridad un pliegue local ubicado en el sector de Little Hill Road. Se trata de una estructura anticlinal asimétrica de poca inclinación de sus flancos (15-30 grados). Su eje presenta una orientación de N50°E; por su carácter local, esta estructura no está representada cartográficamente.

**Diaclasas**

El diaclasamiento en las rocas terciarias de las Formaciones San Andrés y San Luis, es notorio y varía en cuanto a orientación, geometría, frecuencia y persistencia. En las rocas coralinas de la Formación San Luis las diaclasas presentaron una orientación preferencial en dirección N40° - 50°W y buzamientos verticales y subverticales tanto al este como al oeste. Otros sistemas principales se orientan N10-50° E y N80°W. En general estas estructuras se observaron abiertas (5-10 cm), con relleno de material ferruginoso y calcáreo, de paredes rugosas, de persistencia moderada (5 m) a alta (> 10 m) y de baja frecuencia.

En las rocas calcáreas de la Formación San Andrés estas estructuras varían notablemente de un sector a otro. Se observaron zonas de diaclasas cerradas y abiertas, con relleno de material arcilloso o calcáreo cementante. Es notorio que la frecuencia y persistencia de estas estructuras aumenta en proximidad de las zonas de falla.

#### Lineamientos Estructurales

Un lineamiento estructural se define como un rasgo rectilíneo sobre la superficie del terreno. Estos lineamientos pueden estar asociados a fallas geológicas, fracturas regionales, o diaclasas maestras. Lineamientos asociados a la zona noroeste de la Falla de San Andrés Islas, se orientan: N-S ( $\pm 10^\circ$ ), E-W ( $\pm 10^\circ$ ) y NE-SW ( $\pm 15^\circ$ ). Al sur de esta falla, se identificaron lineamientos con orientaciones preferenciales N75°E ( $\pm 10^\circ$ ), E-W ( $\pm 10^\circ$ ) y N30°W ( $\pm 10^\circ$ ).

#### GEOLOGIA ECONOMICA

En la Isla de San Andrés la caliza representa el único recurso mineral de importancia, aunque por el alto contenido de impurezas de origen detrítico las hace poco apetecibles para la industria del cemento, excepto por las calizas coralinas de la Formación San Luis y las calizas microcristalinas de la Formación San Andrés. Otro recurso mineral en la isla, lo constituyen los depósitos de gravas y arenas como fuente de material de construcción.

Las explotaciones de calizas en la isla se restringen a tres canteras principales, denominadas San Andrés, Duppy Gully y Zacarías. La cantera San Andrés, es la principal y se localiza en la esquina noroeste de la zona colinada, en cercanías del Barrio Modelo y en la parte central de la pista del Aeropuerto Sesquicentenario en su costado oriental. Esta cantera con explotación a cielo abierto sobre rocas de tipo calizas microcristalinas, de la Formación San Andrés, ocupa una superficie aproximada de 3 ha. Actualmente la explotación está suspendida, por problemas ambientales asociados a la forma artesanal de su explotación, con taludes inestables y la inundación durante las lluvias.

La cantera Duppy Gully se localiza en la parte central de la isla, en la región de la depresión del Cove. Constituye una explotación a cielo abierto, de poca extensión (1500 m<sup>2</sup>), sobre calizas detríticas lodosas o arcillosas de la Formación San Andrés. Es una cantera abandonada o inactiva a la fecha del estudio, con grandes problemas ambientales asociados a su mal

diseño de explotación. Esta cantera en épocas de lluvias se presenta inundada.

La cantera denominada Zacarías se localiza en la parte sur de la zona colinada, en el sector de Tom Hooker. Constituye una explotación artesanal abandonada o inactiva a la fecha del estudio, sobre la unidad litológica de calizas detríticas arenosas. Cubre un área de 2500 m<sup>2</sup>.

Por otra parte los depósitos de arenas y gravas presentados a lo largo de la parte oriental de la Isla han sido explotados en su mayoría como fuente de material de construcción. En la actualidad esta actividad está suspendida y controlada por la Corporación Coralina, llevando a la importación de estos materiales principalmente de Centro América. Los depósitos de arenas por su baja extensión y espesor no son útiles en su explotación como fuente de material de construcción.

#### GEOLOGIA HISTORICA

Las rocas de la Formación San Andrés se depositaron en un ambiente marino profundo (calizas microcristalinas), somero (coquinas) y de talud (calizas detríticas arenosas), durante el Mioceno. Esta sedimentación fue truncada por transgresiones durante el Pleistoceno, donde se formó un arrecife complejo (Geister & Diaz 1996). Las marcas de oleaje sobre las rocas microcristalinas de la Formación San Andrés en el sector del North Cliff con alturas de 14m, 20m y 27m indican que el solevantamiento de las calizas miocenas de la Formación San Andrés tuvo lugar en tres fases que Bürgl (1960) denominó: primera fase pre-pliocena, segunda fase pre-pleistocena y tercera fase post-pleistocena.

#### CONCLUSIONES

Pese a que la Isla San Andrés es un lugar turístico de gran importancia en Colombia, son pocas las publicaciones de orden geológico que existen. Mediante este estudio y publicación se dan nuevos aportes al conocimiento geológico de la isla, particularmente la cartografía y descripción de las formaciones geológicas, diferenciando litológicamente tres tipos de rocas características de la Formación San Andrés, que muestran una secuencia de base a techo y con cambio gradual de calizas macrocristalinas, calizas lodosas y calizas arenosas. Los depósitos cuaternarios en la isla están representados por procesos denudacionales en las zonas de colinas como derrubios, coluviones y

suelos residuales y en la zona de plataforma arrecifal (Formación San Luís), se manifiestan los depósitos de origen litoral costero como arenas de playa, lagunas y manglares.

Desde un punto de vista estructural, la Isla de San Andrés se presenta afectada por tres fallas: La Falla de San Andrés Islas, La Falla del Cove y la Falla de Punta Hansa, las cuales presentan un buen contraste morfológico y evidencias de cataclisis en las rocas que afectan. La Falla de Punta Hansa, cubierta por los rellenos antrópicos del sector NE de la isla, parece ser una falla reciente que afecta los depósitos de coral.

Si bien este trabajo aporta nuevos conocimientos geológicos de la isla, también abre nuevos campos de estudio como la evaluación, definición y relaciones estratigráficas y sedimentológicas de las formaciones geológicas y sus unidades de roca aquí cartografiadas.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue desarrollado por el autor, en el marco del estudio de amenazas geológicas de la Isla de San Andrés, realizado en el convenio técnico interinstitucional entre la Corporación Coralina, con sede en la Isla de San Andrés y el INGEOMINAS (sede Bogotá). El autor agradece a las dos entidades y a todas aquellas personas que colaboraron en el desarrollo de los estudios y permitieron esta publicación.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANGEL, C. E. (1993): Estudio del Acuífero de San Andrés y Recuperación del Campo de Pozos. Hidrología de la Isla de San Andrés.- Informe interno de Ingeominas.
- BURGL, H. (1959): Resumen de la estratigrafía de Colombia.- Ingeominas, Informe No 1248 (inédito), 12 p, 3 tablas, Bogotá.
- CRISTOFFERSON, E. (1983): Plate Model of the Collapsing Caribbean Margin of Nicaragua.- Memorias 10th. Caribbean Geological Conference, Cartagena.
- DEFENSE MAPPING AGENCY AND HYDROGRAPHIC/ TOPOGRAPHIC CENTER (1971): Carta Batimétrica de San Andrés y Cayos Adyacentes.- Washington, D.C.
- ESCALLOON, J & HOYOS, N. (1995a): Informe Preliminar. Sismo del 11 de Febrero de 1995 en San Andrés.- Ingeominas, Informe interno.

\_\_\_\_\_ (1995b): Evaluación de la sismicidad a partir del 11 de Febrero de 1995 y sus efectos en la Isla de San Andrés.-Ingeominas.

GEISTER, J. (1977a): The influence of wave exposure on the ecological zonation of Caribbean coral reef.- Proc 3rd Int Coral Reef Symp., 1:23-29.

\_\_\_\_\_ (1972): Zur Oekologie und Wuchsform der Säulenkoralle *Dendrogyra cylindrus* Ehrenberg. Beobachtungen in den Riffen der Insel San Andrés" (Karibisches Meer, Kolumbien).- Mitt Inst Colombo-alemán Invest. Cient 7:77-87.

\_\_\_\_\_ (1973a): Los arrecifes de la Isla de San Andrés (Mar Caribe, Colombia).- Mitt Inst Colombo-alemán Invest. Cient 7:211-228.

\_\_\_\_\_ (1973b): Pleistozäne und rezente Mollusken von San Andrés (Karibisches Meer, Kolumbien) mit Bemerkungen zur geologischen Entwicklung der Insel.- Mitt Inst Colombo-alemán Invest. Cient 7:229-251.

\_\_\_\_\_ (1973c): Los arrecifes de la Isla de San Andrés.- Mitt. Inst. Colombo-Alemán . Invest. Científica. Santa Marta.

\_\_\_\_\_ (1975): Riffbau und geologische Entwicklungsgeschichte der Insel San Andrés (westliches Karibisches Meer, Kolumbien).- Stuttgarter Beitr Naturk Ser B (Geol and Paläont), 15:1-203.

\_\_\_\_\_ (1980): Calm-water reef and rough-water reefs of the Caribbean Pleistocene.- Acta Palaeont Polon., 25:541-556.

\_\_\_\_\_ (1983): Holozäne westindische Korallenriffe: Geomorphologie, oekologie and Fazies, Facies" 9:173-284,57.

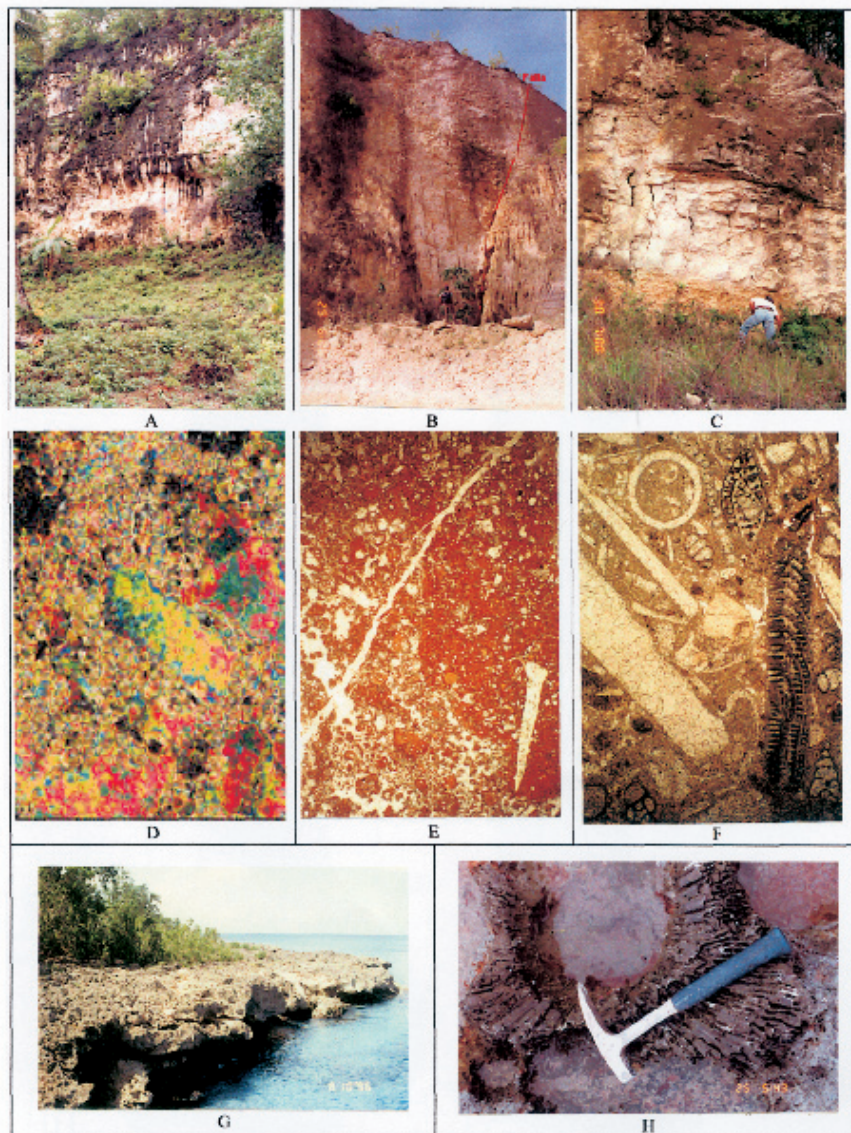
\_\_\_\_\_ (1984): Récifs pléistocènes de la mer des Caraïbes: aspects géologiques et paléontologiques. In: Geister J., Herb R (eds): Géologie et paléontologie de récifs.- Institut de Géologie de l'Université de Berne, Berne, V. 3 pp 1-34.

\_\_\_\_\_ (1986). "Recent coral reefs and geologic history of Providencia Island" (western Caribbean sea, Colombia). -Geologia Colombiana 15:115-134.

\_\_\_\_\_ (1992): Modern reef development and Cenozoic evolution of an oceanic island/reef complex: Isla de Providencia (Western Caribbean Sea, Colombia).- Facies 27:1-70.

- GEISTER, J. & DIAZ, J. (1996): A field guide to the atoll and reefs of San Andrés and Providencia” (Colombia).- 8th International Coral Reefs Symposium, Panamá.
- GONZALEZ, E. (1987): Oceanografía Física y Descriptiva del Archipiélago de San Andrés y Providencia con base en el Análisis de los Cruceros Océano VI al IX.- Informe interno de Ingeominas.
- GRANADOS, A. (1989): Compilación Hidrogeológica de las Islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.- Informe interno de Ingeominas. Biblioteca de Ingeominas, informe 1-2092a.
- HOLDRIDGE L. R. (1977): Atlas de Colombia.- Instituto Geográfico Agustín Codazzi.- Bogotá.
- HUBACH E. (1956): Aspectos geográficos y recursos de las islas de San Andrés y Providencia.- Cuad. Geografía de Colombia, Sociedad Geográfica de Colombia, No 12, pp14-16, Bogotá.
- INGEOMINAS (1992): Estudio del Acuífero de San Andrés y Recuperación del Campo de Pozos. Cartografía Geológica de la Isla de San Andrés”. Informe interno .
- \_\_\_\_\_ (1995): Evaluación de la Sismicidad a partir del 11 de Febrero de 1995 y sus Efectos en la Isla.- Informe interno de Ingeominas.
- INGEOMINAS: Catálogo Sísmico Colombiano. 1966 - 1987. Boletín Trimestral de Sismos 1993 - 1994 de la Red Sismológica Nacional.- Ingeominas. Santafé de Bogotá.
- INGEOMINAS (1960): Mapa geológico de las Isla de San Andrés, Providencia y Santa Catalina” (Edición Preliminar).
- INGEOMINAS - CORALINA (1996): Estudio de las amenazas geológicas en la Isla de San Andrés.- Convenio 055-95, 2 Volúmenes, texto y anexo.
- INTENDENCIA ESPECIAL DE SAN ANDRES Y PROVIDENCIA (1989): Plan de Desarrollo. San Andrés Isla.
  - KELLOG, J.N. & VEGA, V. (1995): Tectonic Development of Panamá, Costa Rica, and The Colombian Andes.- Geological Society of America.
  - MARQUEZ, G. (1992): Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.- Informe interno de Ingeominas.
  - MOLNAR, P. & SYKES, L. (1969): Tectonics of the Caribbean and Middle America Regions from local Mechanisms and Seismicity”.- Geological Society of America.
- ORTEGA, C. (1994): Estudios Ecológicos en la Isla de San Andrés”.- Informe del Inderena.
- RAASVELDT, H.C. (1955): Mapa fotogeológico de la Isla de San Andrés y Providencia.- Inf No 1120 del Instituto Geológico Nacional.
- SEISMOLOGY AND SEISMIC ASSESSMENT (1985): Regional International Training Course on Seismology and Seismic Hazard Assessment.- Octubre de 1995. Nicaragua.
- URIBE, M.T. (1990): Plan de Desarrollo de San Andrés Isla.- Informe inédito.
- VASQUEZ, L.E. (1993): Estudio del Acuífero de San Andrés y Recuperación del Campo de Pozos. Prospección Geoeléctrica en la Isla de San Andrés.- Informe interno de Ingeominas.

Manuscrito recibido, Junio de 2004; aprobado, Diciembre de 2004.



LAMINA I

FOTO A. Calizas microcristalinas de la Formación San Andrés. Afloramientos en el sector de la escollera. Nótese el carácter macizo de las rocas en laderas verticales, y las huellas de erosión por oleaje hacia la parte inferior del talud.

FOTO B. Calizas detríticas lodosas de la Formación San Andrés, en afloramiento en cercanías del trazo de la Falla del Cove. Nótese en este sector el alto grado de fracturamiento de la roca y la presencia de fallas locales.

FOTO C. Calizas detríticas arenosas de la Formación San Andrés. A la izquierda, afloramiento mostrando capas de calizas arenosas (beige) con intercalaciones de calizas detríticas lodosas (amarillo). Nótese el carácter macizo de estas primeras rocas. A la derecha sección delgada de una caliza detrítica arenosa constituida por intraclastos de calizas preexistentes en una matriz de arcilla y lodo calcáreo.

FOTO D. Sección delgada en nicoles cruzados de una caliza mostrando una matriz macrocristalina de calcita englobando cristales de calcita. Formación San Andrés.

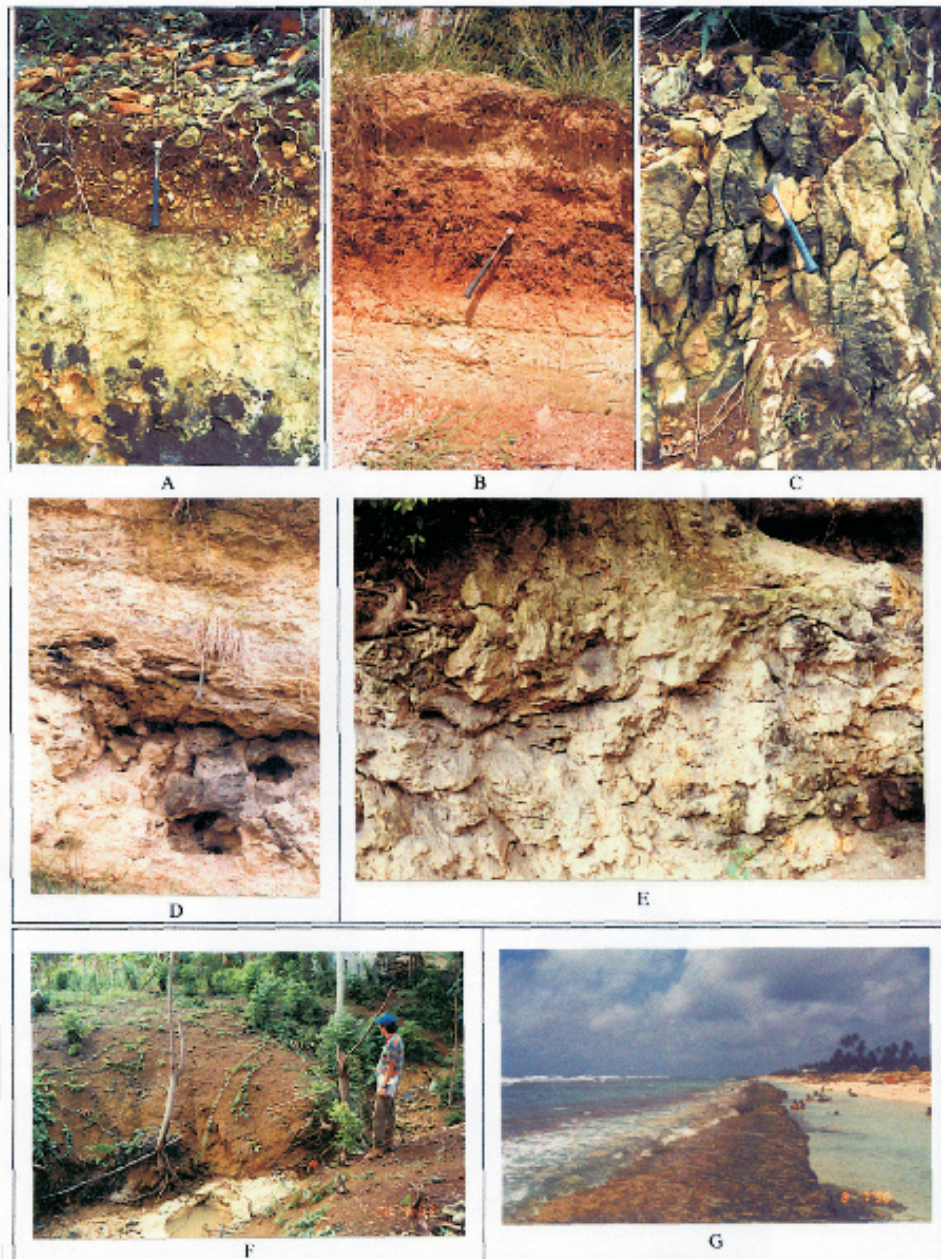
FOTO E. Sección delgada de Calizas lodosas de la Formación San Andrés. Nótese la presencia de clastos y fósiles en una matriz lodocalcárea.

FOTO F. Sección delgada de Calizas detríticas arenosas de la Formación San Andrés constituida por intraclastos de calizas preexistentes en una matriz de arcilla y lodo calcáreo.

FOTO G. Calizas coralinas de la Formación San Luis. afloramiento con superficies corrugadas por disolución y colapsos por socavamiento del mar.

FOTO H. En (B) Detalle de las calizas coralinas de la Formación San Luis con estructura coralina en forma radial.





LAMINA 2

FOTO A. Suelos residuales provenientes de calizas arenosas de la Formación San Andrés. Son suelos mal estructurados y de poco espesor (50 cm), con fragmentos de calizas en matriz arcillo arenosa poco plástica. Nótese el contacto discordante entre la roca y el suelo.

FOTO B. Suelo residual mejor estructurado y desarrollado de calizas lodosas de la Formación San Andrés.

FOTO C. Evidencias de fallamiento en calizas de la Formación San Andrés, por calizas fracturadas a trituras en la zona de Falla del Cove.

FOTO D. Calizas de aspecto esquistoso por fallamiento en la zona de Falla de San Andrés Islas.

FOTO E. Calizas cizalladas y lustrosas (esquistos miloníticos) en la zona de la Falla de San Andrés Islas, en cercanías del Colegio Bolivariano al noreste del área de estudio.

FOTO F. Suelo residual mal estructurado en la región del Cove, constituido por arcillas color café y pardo muy plásticas con espesores hasta de 20 m. En color blanco se observa la roca alterada.

FOTO G. Barras de arenas calcáreas inmaduras al sur de San Luis.