

ISLA DE AVES: EQUILIBRIO ENTRE LA SUBSIDENCIA, AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR, ACRECIÓN Y PROGRADACIÓN

José Méndez. Baamonde¹

RESUMEN

Isla de Aves es una isla coralina formada durante el Holoceno en la parte norte de la Prominencia de Aves. Está situada a unos 670 km al NE de Caracas, en pleno Mar Caribe y con unas coordenadas geográficas de 63°37' de longitud oeste y 15°40' de latitud norte. Presenta una longitud aproximada de 650 m en dirección norte-sur y 180 m en su parte más ancha en dirección este-oeste. En estas medidas se incluye la cresta emergida del arrecife frangeante. Toda la isla se encuentra rodeada en los lados de barlovento (zona este) por un arrecife frangeante que se extiende hasta los extremos laterales norte y sur de la isla, protegiéndola del embate del oleaje y permitiendo la sedimentación, principalmente por la zona de sotavento, del sedimento calcáreo constituido por fragmentos de moluscos, algas, corales, equinodermos, y foraminíferos bentónicos y planctónicos, entre otros. La depositación y retención del sedimento en la isla se origina por la presencia del arrecife frangeante del Holoceno, el cual actúa como barrera protectora en la estabilización de los fragmentos y partículas de organismos calcáreos. Durante la regresión del Wisconsin, el nivel del mar se situó 110-120 m por debajo del nivel actual, por lo cual el basamento calcáreo quedó expuesto a la erosión y se originó una morfología cárstica, ocupando, prácticamente toda la Plataforma de Aves. Con el desarrollo de la transgresión del Holoceno el arrecife frangeante, que permite la estabilización de la isla, se origina entre 6.000 a 5.000 años atrás, cuando la transgresión marina disminuyó la tasa de ascenso del nivel del mar. A medida que el nivel del mar continuó ascendiendo, el arrecife frangeante también mantuvo su crecimiento vertical, derivado de los procesos de acreción originados por el continuo desarrollo de la biota coralina (principalmente corales y algas rojas incrustantes como el *Lithothamnion*). La base del arrecife frangeante se encuentra sobre las calizas litificadas del Pleistoceno Tardío, cuyo nivel del mar más alto correspondió al interglacial Sangamón hace 125.000 años. Los sistemas de carbonatos como Isla de Aves, originados en áreas con subsidencia moderada, ésta es contrarrestada por la acreción y progradación del arrecife frangeante y por la depositación de los sedimentos provenientes de las áreas sumergidas que bordean a la isla, con lo cual se mantiene el equilibrio y estabilidad de la misma. Los estudios geológicos y geofísicos indican que Isla de Aves ha mantenido un proceso constante de acreción y progradación, como otros sistemas de carbonatos del Holoceno, por lo cual, nunca ha tenido dimensiones mayores a las actuales. Al contrario, el arrecife está progradando, como es natural.

Palabras Claves: Isla de Aves, Sangamon, Pleistoceno, Holoceno, Transgresión, Regresión

¹ Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias - UCV

AVES: ISLAND: EQUILIBRIUM BETWEEN THE SUBSIDENCE, HIGH LEVEL INCREASE, ACCRETION AND PROGRADATION

ABSTRACT

Aves Island is a coral island formed during the Holocene in the northern part of the prominence of Aves. It is located about 670 km northeast of Caracas, in the Caribbean Sea and with geographical coordinates $63^{\circ} 37'$ west longitude and $15^{\circ} 40'$ north latitude. It has a length of approximately 650 m north-south and 180 m at its widest east-west. These measures include the reef crest fringing emerged. The whole island is surrounded on the sides to windward (eastern) fringing a reef that extends to the side ends north and south of the island, protecting it from the onslaught of waves and allowing the sedimentation, mainly in the area leeward calcareous sediment composed of fragments of mollusks, algae, corals, echinoderms and benthic and planktonic foraminifera, among others. The deposition and retention of sediment on the island is caused by the presence of fringing Holocene reef, which acts as a protective barrier in the stabilization of the fragments and particles of calcareous organisms. During the Wisconsin regression, sea level stood 110-120 m below the present level, so the limestone base was exposed to erosion and karst morphology originated, occupying almost the entire Platform Bird. With the development of the Holocene transgression, the reef fringing originates between 6000-5000 years ago, when the marine transgression decreased the rate of sea level rise, allowing the stabilization of the island in training. As sea level continued to rise, the reef fringing also continued its vertical growth, resulting from the accretion process caused by the continuous development of reef biota (mainly corals and encrusting red algae as *Lithothamnion*). The base of the reef is on lithified limestones of Late Pleistocene which sea level higher corresponded to interglacial Sangamon 125,000 years ago. Carbonate systems as Aves Island, originated in areas of moderate subsidence, this is offset by the accretion and progradation fringing reef and deposition of sediment from the submerged areas bordering the island which retains its balance and stability. The geological and geophysical studies indicate that Aves Island has remained a constant process of accretion and progradation, as other systems of Holocene carbonates, thus, has never been greater than the current dimensions. In contrast, the reef is prograded naturally.

Key Words: Aves Island, Sangamon, Pleistocene, Holocene, Transgression, Regressión.

INTRODUCCION

Durante años se ha mantenido una controversia con respecto a las supuestas variaciones en el tamaño y estabilidad de la Isla de Aves, generalmente, tomando como base, algunos mapas o figuras de escaso o ningún valor técnico, en los cuales la isla siempre se muestra con mayor tamaño al actual. Todos los sistemas de carbonatos formados en el Holoceno, como Isla de Aves, presentan una serie de características geológicas afines, de las cuales dependen la morfología, sedimentación y biota

coralina, entre otras, controlando el tamaño, acreción, progradación y equilibrio con la subsidencia y el nivel del mar. En este trabajo se tratan una serie de aspectos relacionados con el basamento calcáreo, origen y formación del arrecife frangeante, así como las características geológicas generales de Isla de Aves, indicando que existe un equilibrio entre los procesos de sedimentación, progradación, erosión, subsidencia y aumento del nivel del mar.

ANTECEDENTES HISTORICOS SOBRE ISLA DE AVES

El 2 de mayo de 1483 el Papa Alejandro VI reconoce que eran tierras españolas todo lo que ellos descubrieran a cien leguas al Sur y al Oeste de las islas Azores y de Cabo Verde. Como consecuencia Isla de Aves quedó sometida a la Jurisdicción de la Capitanía General de Venezuela, mediante la promulgación de la Real Cédula del 08 de septiembre de 1777 y posteriormente pasa a formar parte de la Audiencia de Caracas el 13 de junio de 1788. Al independizarse Venezuela de España, Isla de Aves quedó bajo la soberanía de la Gran Colombia y luego al disolverse ésta en 1830, Venezuela recobra sus territorios y por consiguiente su dominio y soberanía sobre Isla de Aves. El 04 de julio de 1895, el General Joaquín Crespo, Presidente de Venezuela reorganiza el Territorio Federal Colón incluyendo en él a Isla de Aves. El 16 de mayo de 1905, el General Cipriano Castro, Presidente de la República, decreta la Ley Orgánica del Territorio Federal Colón, donde se ubica a Isla de Aves en el Municipio Oriental del citado territorio. En 1950, un crucero naval venezolano integrado por las Corbetas "Victoria" y "Constitución" y el Transporte "Capana", en su recorrido por las Dependencias Federales arribó a Isla de Aves y tomó posesión efectiva de ella, ocupándola militarmente. El 23 de agosto de 1972 se declara a Isla de Aves como Refugio de Fauna Silvestre. El 02 de junio de 1978 se crea la Base Científico Naval "Simón Bolívar" en Isla de Aves, encomendándole a la Armada de Venezuela, por intermedio de la Dirección de Hidrografía y Navegación, la guardia y custodia de la referida Base. El 11 de agosto de 1986 la Base Científico Naval "Simón Bolívar" pasó a la orden del Comando de Guardacostas con el nombre de Estación Secundaria de Guardacostas "Simón Bolívar". Finalmente, el 06 de enero de 1999, se pasa la Estación Secundaria de

Guardacostas "Simón Bolívar", a la orden de la Dirección de Hidrografía y Navegación, con el nombre de Base Científico Naval "Simón Bolívar".

IMPORTANCIA ECOLOGICA

La ubicación geográfica de Isla de Aves es estratégica desde el punto de vista ecológico, por estar en el paso de la corriente ecuatorial y por formar un alto submarino geográfico que posiblemente induzca la fertilización por recuperación de nutrientes desde el fondo, en el sector este de la isla. Como consecuencia de las características fisiográficas y físico-químicas del ambiente, la isla está conformada por diversos hábitat en un espacio reducido, lo que la transforma en un interesante laboratorio de observación marina enclavado en el complejo ecosistema tropical de la cuenca del Caribe venezolano en el que interactúan numerosas especies. La Isla presenta un complejo panorama ecológico en el que interactúan un ecosistema coralino con el conjunto de nutrientes aportados por la actividad metabólica de organismos desde la superficie de ésta, el cual, evidentemente es granulado y llevado hasta la masa de agua por el viento, la lluvia y las olas, como consecuencia de ellos es de interés determinar el nivel de fertilización en la masa de agua adyacente a la isla. Todos estos aspectos conjugados hacen a Isla de Aves uno de los patrimonios más caros y con mayor justificación a preservarse por parte de los venezolanos. Las tortugas verdes (*Chelonia mydas*), habitan en la plataforma submarina del Mar Caribe y de la Costa Atlántica de Sudamérica, pero desovan principalmente en Isla de Asunción, Playa de Tortuguero (Costa Rica) y en Isla de Aves. Es un refugio de aves migratorias que la utilizan como descanso. Además existen 5 especies residentes de la isla (GREMONE Y GÓMEZ, 1983): Gaviota de Veras (*Sterna fuscata*), Tiñosa (*Anous stolidus*), Guan Guanare (*Larus atricilia*), Playero

Turco (*Arenaria interpres*) y Tijereta de Mar (*Fregata magnificens*).

IMPORTANCIA GEOESTRATEGICA

Isla de Aves representa un punto estratégico dentro de la geopolítica del Caribe, ya que constituye la frontera más lejana de Venezuela lo que convierte esta importante sección del territorio en punto referencial a partir del cual se elaboran importantes acuerdos de delimitación de áreas marinas y submarinas con los Estados Insulares vecinos (Fig. 1). Por su posición se convierte en el punto más avanzado de Venezuela en el Mar Caribe Oriental, distante de los pasos o estrechas más importantes de la navegación internacional. Aproximadamente a 120 millas náuticas del paso de Anegada; 240 millas náuticas del paso de La Mona; 110 millas náuticas del paso de Guadalupe y 120 millas náuticas del Canal de Dominica.

Así, en el Caribe, tomando en cuenta la presencia de Isla de Aves, Venezuela limita con Colombia, República Dominicana, Antillas Neerlandesas (Aruba, Curazao, Bonaire, Saba, San Eustaquio), Estados Unidos de América (Puerto Rico, Isla Vírgenes), San Cristóbal-Nevis, Reino Unido (Montserrat), Francia, (Martinica y Guadalupe), Dominica, Santa Lucía, San Vicente, Grenada y Trinidad y Tobago. En Isla de Aves se mantiene una estación científica y naval para la preservación del medio ambiente y de la fauna que en ésta habita, así como para el cumplimiento de la misión asignada a la Armada, indicando una presencia efectiva y soberana del estado venezolano. Su valor geoestratégico y geopolítico se acrecienta con el tiempo ante el nuevo concepto del Derecho del Mar, y el 23 de Agosto de 1972, según Decreto Presidencial N° 1069, fue nombrada Refugio de Fauna Silvestre.



Fig. 1. El rayado en el cual se encuentra Isla de Aves indica la zona económica marina que se deriva directamente de la isla, la cual es de 135.000 km², representando un 1/5 de toda la Zona Económica Exclusiva, la cual es mayor a 500.000 km².

ISLA DE AVES. ORIGEN Y FORMACION DURANTE EL HOLOCENO

Isla de Aves es una isla coralina formada durante el Holoceno en la parte norte de la Prominencia de Aves. Está situada a unos 670 km al NE de Caracas, en pleno Mar

Caribe y con unas coordenadas geográficas de 63°37' de longitud oeste y 15°40' de latitud norte. Presenta una longitud aproximada de 650 m en dirección norte-sur y 170 m en su parte más ancha en dirección este-oeste. En estas medidas se incluye la cresta emergida del arrecife frangeante. Toda la isla se encuentra

rodeada en los lados de barlovento (zona este) por un arrecife frangeante que se extiende hasta los extremos laterales norte y sur de la isla, protegiéndola del embate del oleaje y permitiendo la depositación, principalmente por la zona de sotavento, del sedimento calcáreo constituido por fragmentos de moluscos, algas, pequeños corales, equinodermos, foraminíferos bentónicos y planctónicos. La isla está formada por las arenas calcáreas, retenidas y dispuestas en equilibrio entre la sedimentación y la erosión, y por el arrecife frangeante, el cual a su vez se ha desarrollado desde un basamento calcáreo del Pleistoceno Tardío, el cual suprayace a otras rocas calcáreas del Pleistoceno de edad más antigua. Estas rocas y sedimentos calcáreos tienen como basamento general a las rocas ígneas pertenecientes a un antiguo cono volcánico de la Prominencia de Aves. La isla, situada hacia el norte de la Prominencia, es el único punto geográfico sobre el nivel del mar, en ésta. En general, la isla y su entorno inmediato, el cual se describe detalladamente en el trabajo, se puede dividir en: a) arenas calcáreas no consolidadas en la superficie; b) depósitos de antiguas terrazas de tormenta en el norte y sur de la isla; c) arrecife frangeante; d) roca de playa; e) calizas del Pleistoceno Tardío en el basamento; f) batimetría adyacente al contorno de la isla.

ASPECTOS GENERALES

Clima. La isla se encuentra ubicada en la zona de los ciclones tropicales que se forman en el Atlántico medio. De acuerdo a GUNN Y MILLER (en OCHINA, 2002), se contabilizaron 250 ciclones tropicales con intensidad de huracán para el período 1901 – 1957, en el área del Mar Caribe y Golfo de México pasando a una distancia de 200 km de la isla. Igualmente, se indica, que entre 1886 y 1975 pasaron, en un radio de 50 millas náuticas, 90 ciclones tropicales de los cuales 7 pasaron a menos de 10

millas, 15 a menos de 20 millas, 19 a menos de 30 millas, 24 a menos de 40 millas y 25 a menos de 50 millas. GREMONE Y GÓMEZ (1983) indican que entre 1900 y 1983 han ocurrido en el área 12 ciclones tropicales de diferentes intensidades.

Temperatura. La temperatura media anual es de 26,8°C, originándose la máxima media en septiembre (30,7°C), y la media menor en febrero y marzo (23,4-23,2°C).

Humedad relativa. El valor promedio es de 84%, siendo de más de 80% durante todos los meses del año, llegando a un 90% durante junio.

Viento. El viento dominante es del Este, en cuya dirección sopla el 50% del año. En segundo lugar sigue el viento ENE, durante el 33% del año. En tercer lugar los vientos NNE, los cuales soplan el 16% del año. Estas direcciones indican que en todos los meses del año predominan los vientos alisios del Hemisferio Norte.

Precipitación. Oscila entre 300 y 700 mm. La temporada ocurre entre los meses de febrero a julio, concentrando el 17,9% de la precipitación anual. La temporada lluviosa se encuentra entre los meses de agosto a enero, con el 82,1% de la precipitación anual. El mes con mayor precipitación es noviembre con un promedio de 219,7 mm.

Circulación y masas de agua. En la zona del Caribe las masas de agua están influenciadas por las corrientes de Guayana, Norecuatorial y del Caribe. Los vientos alisios del noreste son la fuerza que mueve las corrientes superficiales, las cuales están sujetas a muchos cambios en velocidad y dirección debido a la batimetría del área y los pasajes insulares. STALCUP Y METCALF (1972), indican que el mayor influjo de masas de agua hacia el Caribe ocurre por los pasos de Grenada y San Vicente (Guayana), y las corrientes

más débiles por los de Dominica y Santa Lucía (Norecuatorial). FEBRES y HERRERA (1976) indican que la corriente de Guayana desde sureste penetra entre Tobago y Barbados y la Norecuatorial desde el noreste, pasa al sur de Dominica. WUST (1964) señala que la corriente de Guayana posee una velocidad de 41,6 cm/seg. El máximo de velocidad ocurre entre abril y mayo, y el mínimo en septiembre, presentando una amplitud de variación de 28,2 cm/seg. La corriente Norecuatorial presenta una velocidad media de 13,4 cm/seg, con una amplitud de variación de 2,7 cm/seg. La corriente del Caribe es una resultante de las dos anteriores y alcanza una velocidad de 31,3 cm/seg en la zona centro oriental, con una amplitud de 13,4 cm/seg.

Mareas. En la mayor parte del Caribe las velocidades de las corrientes de marea están entre 2 y 4 cm/seg. Según OCHINA (2002), las mareas en el área reflejan, las condiciones existentes en el Mar Caribe, con variaciones locales producidas principalmente por la topografía del fondo marino. Las mareas están influenciadas, en gran parte, por los fenómenos que se originan en el Golfo de México y el Océano Atlántico, debido a sus conexiones con el estrecho de Yucatán y todos los pasajes interinsulares antillanos. Esto hace que el Mar Caribe, además de tener un sistema propio de mareas, en el cual existe un período de oscilación libre, se le adiciona o superpongan efectos provenientes del Golfo de México y el océano Atlántico. Por lo tanto, en el Mar Caribe se presenta dos sistemas de mareas: el occidental, influenciado por el régimen de mareas del Golfo de México y el Atlántico, y el sistema oriental influenciado principalmente por el régimen de mareas originado en el océano Atlántico. De acuerdo a datos obtenidos en Isla de Aves, la amplitud máxima observada fue de 33 cm.

Ciclones tropicales. PIÑERO (1987) señala que entre 1871 y 1984 han ocurrido en el Océano Atlántico, Mar Caribe y Golfo de México, un total de 916 ciclones tropicales (tormentas tropicales y huracanes). El autor indica, que del total de huracanes y tormentas tropicales mencionado, 95 pasaron a una distancia significativa de la isla. De éstos, 58 fueron huracanés, 27 tormentas tropicales y 10 no clasificados por falta de información adecuada para la época de ocurrencia. Del total de ciclones tropicales, la trayectoria de desplazamiento de un 10,3% anual, pasa entre 0 y 100 millas de Isla de Aves, siendo agosto (4%) y septiembre (3,8%), los meses de mayor probabilidad. Las direcciones, tomando a la isla como centro, han sido: 42 casos al sur, 30 al norte, 12 al este, 9 al oeste y 9 han pasado prácticamente sobre ella.

MARCO GEOLOGICO GENERAL. PROMINENCIA DE AVES

Representa un antiguo arco volcánico, precedente al actual de las Antillas Menores que se extiende por 500 Km de norte a sur, desde las zonas colindantes entre las Antillas Mayores y Menores, hasta el margen continental de Venezuela, donde algunos autores han considerado a la Isla La Blanquilla (Venezuela) como el extremo meridional de la dorsal, prominencia o cresta de Aves. Se encuentra entre la Cuenca de Venezuela (4.500 m de profundidad.) y la Fosa de Granada (3.000 m de profundidad). Se puede considerar, que hasta el Paleoceno, la Plataforma de Aves y las Antillas Menores constituían un solo arco volcánico. La zona de mayor actividad volcánica correspondía al Arco de Aves y ocurre la separación del Arco de las Antillas Menores por la formación de la Fosa de Granada. Antes del Eoceno la zona de subducción comprendía ambos arcos de islas y al comenzar la separación se produjo volcanismo en el Arco de Aves y las islas más septentrionales del Arco de las Antillas Menores (Figs. 2, 3).

Durante el Eoceno con la formación de la Fosa de Granada, originada por una tectónica de extensión y la creación de una cuenca tipo back-arc, el Arco de Aves es desplazado hacia el oeste completándose la separación definitiva entre ambos arcos y el desplazamiento de la actividad volcánica y de subducción hacia el Arco de las Antillas Menores. La Fosa de Granada es una depresión que contiene más de 7 km de sedimentos. Los mayores espesores se encuentran hacia el sur de la fosa, disminuyendo gradualmente hacia la parte norte de ésta. Los sedimentos están compuestos por turbiditas, así como sedimentos pelágicos y hemipelágicos (CASE, 1975).

Las profundidades promedio a lo largo de la Prominencia de Aves se encuentran entre los 500 y -1.300 m. Localmente algunos de los antiguos conos volcánicos de la Prominencia se encuentran a unos 500 m de la superficie del mar y solamente la plataforma sobre la cual se encuentra Isla de Aves emerge al nivel de la superficie.

En estos montes marinos o antiguos conos volcánicos situados a 500 m por debajo del nivel del mar, no se formaron carbonatos de plataforma derivados de las transgresiones y regresiones originadas en el Pleistoceno. El hecho de que solamente se encuentren en la Plataforma de Aves, con la formación de Isla de Aves durante el Holoceno, parece indicar, que esta zona mantuvo un volcanismo más tardío que en las áreas restantes de la Prominencia de Aves. De esta forma, el cono volcánico de la Plataforma de Aves, mantuvo una mayor altura y experimentó los efectos de la subsidencia en tiempos posteriores al resto de la Prominencia de Aves.

Dragados realizados en los pedestales ubicados hacia el norte de la prominencia y en las cercanías de la plataforma sobre la cual se encuentra Isla de Aves indicaron la presencia de basaltos, andesitas, dacitas y

brechas volcánicas (NAGLE, 1972). Hacia el extremo sur de la prominencia, se encuentra la presencia de granodiorita cuya edad abarca desde el Cretácico medio al Paleoceno (FOX et al. 1971). Treinta y tres estaciones de dragados, con profundidades entre 400 y 1400 metros, recobraron numerosas muestras de dos amplios pedestales y en los taludes y flancos de los antiguos montes volcánicos. Estos dragados recobraron rocas ígneas y sedimentarias y sedimentos de calizas, margas y cherts. Las edades de las rocas sedimentarias y sedimentos indican que se originaron desde el Eoceno Medio hasta el Reciente (FOX Y HEEZEN, 1975).

ROCAS SEDIMENTARIAS Y SEDIMENTOS

Desde el Eoceno Medio hasta el Reciente se han recolectado muestras por dragado con calizas, margas y cherts, pertenecientes a la superficie y pendientes abruptas de los pedestales (FOX Y HEEZEN, 1975).

Desde el Eoceno Temprano y Medio hasta el Mioceno Inferior-Medio, las calizas fueron depositadas en ambientes de aguas someras del tipo plataforma, correspondiendo a biomicritas consolidadas (MARLOWE, 1969). Generalmente corresponde a dragados entre 1000 a 1400 m debajo del nivel del mar. Por lo tanto la subsidencia experimentada es de por lo menos 1000 m. Desde el Mioceno Medio hasta el Pleistoceno el ensamblaje de los fósiles indica un ambiente oceánico abierto (planctónicos) y comprenden biomicritas formadas básicamente por biota planctónica.

Considerando que los ambientes de calizas platformales someras finalizaron en el Mioceno Temprano-Medio, se puede estimar que el volcanismo durante este tiempo geológico, lo cual incrementó la tasa de subsidencia y la no competencia de los sedimentos de carbonatos someros para

contrarrestarla. Sin embargo, considerando que la isla La Blanquilla se encuentra en el extremo sur de la Prominencia de Aves y que esta isla está experimentando un levantamiento tectónico, debemos de considerar que el extremo sur de la prominencia presenta un régimen tectónico diferente al resto de la Prominencia de Aves. La isla La Blanquilla presenta tres terrazas coralinas cuyas edades fueron analizados por medio de U/Th (SCHUBERT Y SZABO, 1978). La terraza más baja, correspondiente al interglacial Sangamon (125.000 ap.) se encuentra a 10 m sobre el nivel del mar, indicando un levantamiento tectónico de 3-4 m. La terraza intermedia se encuentra a 15 m sobre el nivel del mar y corresponde a una edad de 335 ± 75 ka, mientras que la terraza más alta está ubicada a más de 30 m de altura con respecto al nivel. Tomando en cuenta la tasa de levantamiento experimentado para las dos primeras terrazas, esta terraza a 30 m corresponde a una edad aproximada de 675 ka (MÉNDEZ BAAMONDE, 1997). Estas tres terrazas indican un levantamiento tectónico continuo durante el Pleistoceno Medio, Pleistoceno Tardío y el Holoceno.

En lo que respecta a Isla de Aves, la presencia de ésta, sobre el nivel del mar en la plataforma situada en la zona norte de la prominencia, donde se considera que se ha mantenido un régimen de subsidencia predominante desde el Mioceno Medio, indica dos puntos a considerar:

1. En esta área los sedimentos de carbonatos han mantenido un equilibrio con la subsidencia, sin la presencia de volcanismo, desde el Mioceno Temprano-Medio, de acuerdo a lo anteriormente expuesto para toda la Prominencia de Aves. Sin embargo, es probable que algo de volcanismo ha podido continuar en la zona, estableciendo diferencias de subsidencia con respecto a las otras zonas de la prominencia.
2. La Plataforma de Aves es el único monte marino sobre la prominencia donde se han depositado carbonatos de plataforma durante el Pleistoceno y Holoceno. Las pendientes que bordean a la Plataforma de Aves, indican una serie de rasgos morfológicos caracterizados por terrazas coralinas del Pleistoceno Medio y Tardío, similares a los encontrados en otros sistemas de carbonatos del Caribe. La posición de las terrazas submarinas y las profundidades derivadas de las transgresiones del Pleistoceno, son similares a las encontradas en Los Roques, Aves de Barlovento y La Blanquilla (MÉNDEZ, 1984). Igualmente, son equiparables a las de Belice, Bahamas, Florida, etc. Todo esto indica, períodos de exposición, erosión y desarrollo de KARST en las regresiones marinas, y sedimentación y formación de carbonatos de plataforma durante las transgresiones.
3. La zona en la cual se encuentra la plataforma submarina e Isla de Aves, corresponde a un cono de origen volcánico, cuya altura era superior a la de los demás conos volcánicos de la prominencia, con lo cual se mantuvo la formación de carbonatos de plataforma durante el Cuaternario y la posterior formación de Isla de Aves durante el Holoceno o Reciente.
4. El nivel de subsidencia se puede estimar a partir de niveles conocidos para sistemas de carbonatos con orígenes similares, como Los Roques, Islas de aves y La Orchila, cuyos promedios se encuentran entre 0,027 y 0,031 m/1.000 años (MÉNDEZ, 1997).

CONSIDERACIONES GENERALES

1. Debido a la morfología de los montes submarinos de la Prominencia de Aves y la distribución de rocas volcánicas calco-alcalinas, esto indica un arco volcánico extinguido similar a las Antillas Menores, con rocas volcánicas cuya composición es de andesitas, basaltos, dacitas y brechas volcánicas.
2. Hacia el extremo sur de la Prominencia se encuentran granodioritas del Cretácico medio al Paleoceno.
3. Hasta el Paleoceno la Plataforma de Aves y las Antillas Menores constituían un solo arco volcánico.
4. La zona de mayor actividad volcánica correspondía al Arco de Aves y ocurre la separación del arco de las Antillas menores por la formación de la Fosa de Granada.
5. Antes del Eoceno la zona de subducción comprendía ambos arcos de islas y al comenzar la separación se produjo volcanismo en el Arco de Aves y las islas más septentrionales del Arco de las Antillas Menores.
6. Durante el Eoceno con la formación de la Fosa de Granada, originada por una tectónica de extensión y la creación de una cuenca tipo back-arc, el arco de Aves es desplazado hacia el oeste completándose la separación definitiva entre ambos arcos y el desplazamiento de la actividad volcánica y de subducción hacia el arco de las Antillas Menores.
7. La plataforma de Isla de Aves representa un cono volcánico con un volcanismo que continuó una

vez cesada esta actividad en las otras zonas de la Prominencia de Aves. De esta forma, siempre estuvo muy por encima del nivel del mar con respecto a los otros montes marinos de la prominencia y cuando se originan las transgresiones y regresiones durante el Cuaternario, la Plataforma de Aves se encontraba muy cerca del nivel del mar, originando los sistemas de arrecifes frangeantes y carbonatos de plataforma somera.

8. Durante las regresiones del Cuaternario, especialmente, a través del Pleistoceno Medio y Tardío, la Plataforma de Aves estuvo expuesta a la erosión superficial (fue la única). Durante las transgresiones, los carbonatos se depositaron en los flancos, taludes de la plataforma y finalmente en la plataforma somera.
9. Durante la transgresión final del Holoceno, se forman los arrecifes frangeantes sobre las calizas más altas sobre la plataforma, las cuales correspondían al Interglacial Sangamón. La presencia de los arrecifes frangeantes han permitido la sedimentación de las arenas no consolidadas en Isla de Aves, todo lo cual representa un equilibrio entre la subsidencia, aumento del nivel del mar, progradación y acreción del sistema de carbonatos.
10. El nivel de subsidencia está entre 0,027 y 0,031 m/1000 años., y es similar al de otros complejos de carbonatos que mantiene un equilibrio entre la subsidencia, el aumento del nivel del mar y la progradación.

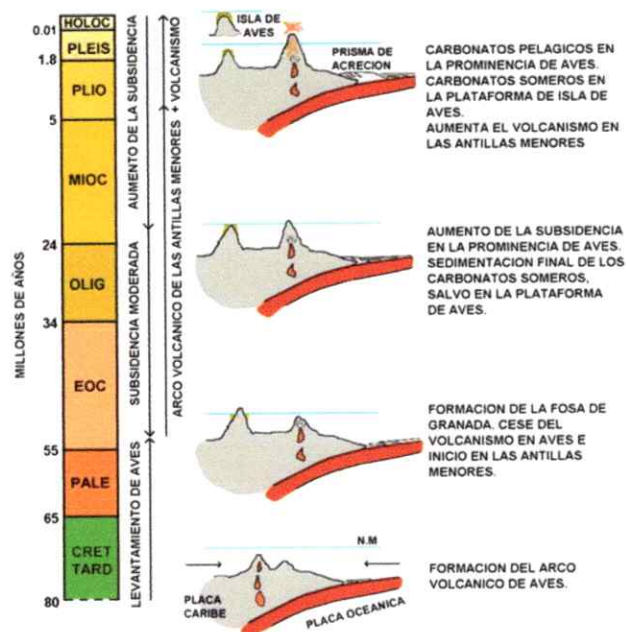


Fig. 2. Eventos geológicos generales en la Prominencia de Aves hasta llegar a la formación de la Isla de Aves durante el Holoceno.

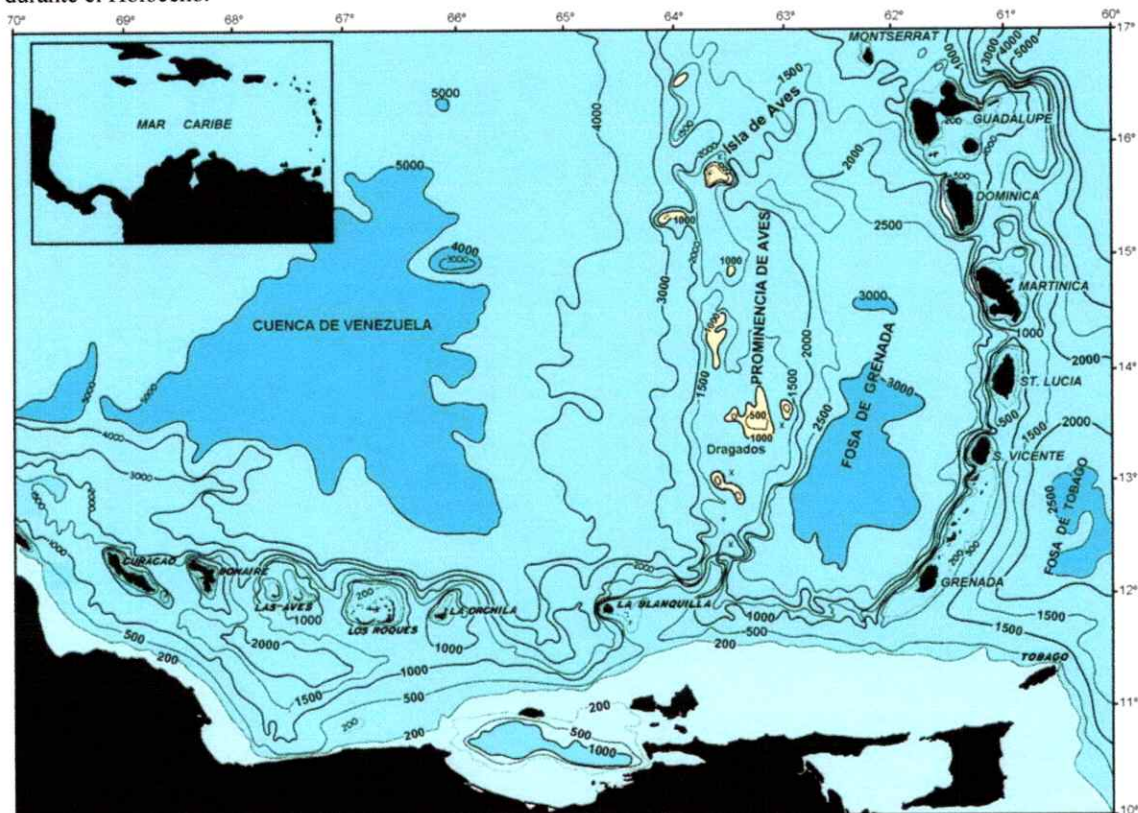


Fig. 3. Ubicación y batimetría de la Prominencia de Aves, Cuenca de Venezuela, Fosa de Granada, Fosa de Tobago y el margen continental de Venezuela. Las zonas marcadas con "x" en la prominencia, indican localidades de dragado en los pedestales adyacentes. Las zonas en color amarillo representan los antiguos conos volcánicos pertenecientes a la Prominencia de Aves, actualmente sumergidos por debajo de los 500 m. La excepción es Isla de Aves siendo la única zona emergida de la prominencia. Modificado de FOX Y HEEZEN (1975).

ORIGEN DE ISLA DE AVES

Isla de Aves es una isla coralina con todas las características y principios geológicos, biológicos e hidrodinámicos que rigen en una formación de este tipo. La isla actual y los sedimentos calcáreos circundantes, formados a partir de la transgresión marina del Holoceno, están asentados sobre las calizas del Pleistoceno Tardío y las dimensiones de la isla están reguladas por el tope del Sangamon y por la batimetría circundante. Por lo tanto, la isla no puede extenderse más allá de los perímetros de la base calcárea sobre la cual está asentada, ya que al aumentar la profundidad alrededor de la isla, la formación del arrecife frangeante está limitada y las arenas transportadas desde la plataforma circundante no pueden ser retenidas y acumuladas (Figs. 4, 5, 6, 7). Sobre el tope del Sangamon más cercano a la superficie del mar se inició la formación del arrecife frangeante, originando la primera etapa en la formación de la isla. Posteriormente se fueron acumulando las arenas no consolidadas y protegidas por el arrecife. A medida que el nivel del mar ha seguido subiendo (aproximadamente 1,5-2 mm/año), el arrecife ha mantenido su tasa de crecimiento y progradación para mantener la isla en equilibrio con el entorno batimétrico circundante. La morfología y fisiografía de la isla está controlada por el crecimiento y la forma del arrecife frangeante. Las hipótesis erróneas de que la isla presentó mayor tamaño en el pasado, implicaría la presencia de un gran sistema de arrecifes frangeantes, o la extensión del actual hacia el norte y el sur. Las observaciones con bombonas de aire comprimido, efectuados por el autor y previamente por ALMEIDA Y GODDARD (1974), en torno al actual arrecife, no muestran la presencia de antiguos arrecifes frangeantes.

Gravas y Arenas. Las gravas en la superficie de la isla están formadas por corales fragmentados y desprendidos

principalmente desde la zona del barlovento de la isla y, en menor grado desde las zonas someras del sotavento. Las gravas y fragmentos más comunes son de *Diploria* sp, *Montrastrea* sp y *Acropora* palmata. Fragmentos más pequeños de gravas de corales, más redondeados por el oleaje, se encuentran en la playa de sotavento. Las arenas, aun cuando no están consolidadas, los granos están parcialmente cementadas entre sí, por cemento fosfático, aragonito, calcita magnesiana, y en las más superficiales y menos consolidadas, puede haber algo de cemento de calcita. Esta cementación parcial permite un equilibrio entre la sedimentación y la erosión. Mientras más profundas son las arenas y más cerca se encuentran de la base del Pleistoceno, se origina mayor cementación, puesto que la isla se encuentra en un ambiente diagenético freático marino y vadoso de aguas meteóricas. Las arenas superficiales, al ser las últimas en ser depositadas, no presentan ningún tipo de cementación y son más susceptibles de ser transportadas por el viento. Las arenas están formadas por fragmentos de corales, algas calcáreas, briozoarios, foraminíferos planctónicos y bentónicos, gasterópodos, pelecípodos, etc.

Terraza de Tormenta. Se define como una terraza formada en un cayo o isla coralina por grandes bloques de corales lanzados por las tormentas. Se ubica en la zona del barlovento. En el caso de Isla de Aves, por las dimensiones de la isla se encuentran en el norte y sur. La terraza de tormenta del norte es de mayor dimensión que la del sur. Todos los bloques y fragmentos de los corales se han derivado del arrecife frangeante situado en el barlovento (este) de la isla. En la parte norte los bloques de corales y la arena calcárea poseen una altura de 3,10 - 3,30 m (aproximadamente), con respecto al tope del arrecife y la roca de playa (Figs. 8, 9).

Arrecife Frangeante. El arrecife frangeante bordea a la isla, con la excepción de gran

parte de la zona oeste o de sotavento, donde, principalmente hay sedimentación de arenas calcáreas. Sus dimensiones mayores se encuentran en el este y norte. Como todo arrecife frangeante, está compuesto por una asociación de corales hermatípicos hexacorarios y algas rojas que han originado una gran litificación y enorme dureza y resistencia al oleaje. La función del arrecife frangeante, siempre desarrollado en los lados del barlovento, es precisamente proteger el sistema de toda la isla, y mantener un equilibrio entre la erosión y la sedimentación, principalmente de las arenas, las cuales visualmente forman el contorno más visible de la isla (Fig. 10). Algunos de los organismos más importantes del arrecife frangeante son: *Lithothamnion* sp, *Diploria labyrinthiformis*, *Diploria clivosa*, *Acopora palmata*, *Montastrea annularis*, *Porites porites*, *Millepora alcicornis*, *M. squerrosa*, *Halimeda opuntia*, así como un gran número de moluscos, equinodermos y poliquetos. Como en todo sistema moderno de carbonatos, el arrecife origina la isla. Del arrecife depende la sedimentación de las arenas desde la plataforma submarina, la formación de la roca de playa y el equilibrio que todo el sistema mantiene con respecto a la subsidencia y el aumento del nivel del mar. El arrecife, progresa en dirección del barlovento (este) y la erosión eventual que en éste ocurre (oleaje y bioerosión), es compensada por la acreción y el crecimiento (Tabla 1 y Figs. 11, 12, 13, 14). El arrecife frangeante se divide en dos partes.

1. Arrecife Antiguo. Está formado por una caliza muy dura, compacta y extremadamente litificada, de corales hexacorarios, algas rojas, y pequeños fragmentos de diversos organismos calcáreos, todos cementados con la caliza principal. La cementación se origina en un ambiente diagenético marino somero (aragonito) y en un ambiente intramareal (en las zonas

superiores), donde la evaporación estimula la sobresaturación del carbonato de calcio y la precipitación del aragonito y la calcita magnesiana. Generalmente, lo que corresponde al arrecife antiguo (siempre del Holoceno), es confundido e interpretado como una roca de playa. El arrecife antiguo se originó hace 5000-6000 años, cuando disminuyó la velocidad de ascenso del nivel del mar durante la transgresión del Holoceno. A partir de este tiempo, el arrecife ha mantenido un proceso continuo de acreción y progradación, ya que es la única forma de mantener la sedimentación de las arenas no consolidadas en la superficie de la isla y permitir el equilibrio de la misma.

2. Arrecife de *Lithothamnion*. Representa la progradación actual, en dirección este, del arrecife. Comprende la parte más externa del arrecife y está formado por los organismos que forman todo el sistema arrecife, cementados y endurecidos por la acción del *Lithothamnion*. Esta alga roja rodea e incrusta a los organismos del arrecife imprimiendo una gran dureza, ya que su función principal, además de formar parte de los organismos del arrecife, es la de cementar y unir la biota coralina para dar resistencia al sistema contra el oleaje.

Roca de Playa. La roca de playa se forma por la litificación de arenas, gravas pequeñas y fragmentos de organismos, debido a la cementación de estos elementos con el aragonito y la calcita magnesiana, entre la marea alta y la marea baja. La roca de playa, la cual se desarrolla sobre un substrato duro, en este caso, el arrecife frangeante, siempre presenta un buzamiento en dirección de la corriente

que la forma. De esta manera, la roca de playa situada en el norte de la isla (sobre el arrecife frangeante), presenta un buzamiento en dirección norte, mientras que la originada en el sureste de la isla, posee un buzamiento en dirección sur. Estos buzamientos en direcciones opuestas por efecto de las corrientes y el oleaje que penetra sobre el arrecife, han sido erróneamente interpretados como un anticlinal.

Zona desde el arrecife hasta 10 metros de profundidad. El contacto entre el arrecife frangeante y el Sangamon está cubierto por las arenas no consolidadas que se disponen en la plataforma submarina. La profundidad entre el tope del arrecife y las arenas es de aproximadamente tres metros. A partir de esta profundidad y hasta los 10 m, hay colonias aisladas de *Diploria* sp, *Acropora palmata* (cerca del arrecife, ocasionalmente *Montastrea annularis*, *Gorgonia flabellum*, *Pseudoterogorgia rigida* y *Plexaura homomalla* así como parches de rocas y de arenas litificadas (ALMEIDA Y GODDARD, 1974). Estos parches de rocas y arenas litificadas probablemente corresponden al Sangamon. Observaciones submarinas realizadas por el autor con bombona de aire comprimido concuerdan con lo anteriormente expuesto. Las colonias de corales crecen de manera aislada y dispersa, algunas en la pared frontal del arrecife, pero generalmente, partiendo de la base hacia mayores profundidades. Si comparamos la diversidad de esta biota coralina con algunos arrecifes de Los Roques, Las Aves

o La Orchila, se puede pensar en una baja diversidad de la biota. Sin embargo, el arrecife frangeante de Isla de Aves, como se indicó en el punto 2, es una asociación de extrema rigidez formada por las algas coralinas rojas (*Lithothamnium*) y baja diversidad de corales. Esta asociación se denomina "coralgal" y es característica de los sistemas de carbonatos que están expuestos a fuertes oleajes y tormentas eventuales como Isla de Aves.

Sangamon como basamento calcáreo de Isla de Aves. El Sangamon representa la transgresión marina ocurrida hace 125.000 años, en la cual el nivel del mar subió hasta 6 m por encima del nivel actual. Por lo tanto, las calizas más elevadas del Pleistoceno corresponden a esta transgresión, originando todos los basamentos calcáreos sobre los cuales se han formado las islas coralinas en el mundo, incluyendo a Isla de Aves. El Sangamon no aflora directamente en la isla, ya que por encima de éste se encuentra el arrecife frangeante y las arenas no consolidadas. Sin embargo, en el sotavento de la isla, se encuentra una calcarenita litificada, que obviamente no es del Holoceno y debe representar al Sangamon. Sobre esta calcarenita litificada se disponen las arenas y gravas que se encuentran en la línea de playa de la isla. Generalmente, esta calcarenita ha sido identificada erróneamente como una roca de playa, pero la roca de playa presenta siempre un buzamiento característico, y no una continuidad como la que se presenta en la calcarenita del Sangamon.

Tabla 1. Se indican los organismos comunes que se encuentran en Isla de Aves y toda la plataforma submarina circundante (GIBSON-SMITH, 1971; HOYOS, 1971; ALMEIDA Y GODDARD, 1972)

ALGAS	C. regius	C. lugubris
Caulerpa racemosa	Cypraea zebra	C. ruber
C. serrulata	Cypraeacassis testiculus	Cantherhines pullus
C. sertularioides	Diododora arcuata	Cephalopholis fulva
Centroceras clavulatum	Fissurella angusta	Chaetodon striatus
Chaetomorpha media	Hipponix antiquatus	Chromis cyanea
C. sp	Littorina meleagris	C. multilineata
Cladophoropsis membranacea	L. ziczac	Dasyatis Americana
Dictyota cervicornis	Nerita peloronta	Diodon holocaustus
Ectocarpus breviarticulatus	N. tessellata	Epinephelus adsceusionis
Enteromorpha intestinalis	N. versicolor	E. guttata
Giffordia mitehellae	Nodilittorina tuberculata	Equetus acuminatus
Halimeda opuntia	Plenaxis lineatus	Ginglymostoma cirratum
Jania capillacea	P. nucleus	Gymnothorax moringa
Laurencia obtusa	Púrpura patula	Haeulon album
L. papillosa	Strombus gigas	H. flavolineatum
L. scoparia	S. pugilis	H. parrai
L. sp ₁	Tegula fasciata	H. sciurus
L. sp ₂	Thais haemastoma	Hemiranthus brasiliensis
Liaecra sp	Thais rustica	Holocanthus ciliatus
Lithothamnion sp	Clase: Pelecypoda	H. tricolor
Padina gymnospora	Arca imbricata	Holocentrus asensionis
Turbinaria tricostrata	Codakia orbicularis	H. rufus
CORALES Y FALSOS	Codakia orbiculata	Lutjanus apodus
CORALES		
Acropora palmata	Isognomum radiatus	L. mahogoni
Diplora clivosa	Lima scabra	Malacanthus plumieri
D. labyrinthiformis	Spondylus ictericus	Melichthys niger
Favia fragum	EQUINODERMOS	Mycteroperca venenosa
Millepora alcicornis	Arbacia punctulata	Negaprion brevirostris
M. squarrosa	Diadema antillarum	Petrometopon cruentatum
Montastrea annularis	Echinometra lacunter	Pomocanthus paru
Porites porites	Eucidaris tribuloides	Scarus vetula
ALCIONARIOS	Lytechinus variegatus	Serranus tigrinus
Gorgonia flabellum	PECES	Sparisoma viridae
Plexaura homomalla	Acantharus bahianus	Sphyraena barracuda
Pseudoterogorgia rigida	A. hirungus	Thalassoma bifasciatum
ALGAS	C. regius	C. lugubris
MOLUSCOS	Adiorix coruspus	REPTILES
Clase: Gastropoda	Alutera scripta	Chelonia mydas
Astraea caelata	Aulostomus maculatus	VEGETACION
Cerithium literatum	Balichoeres maculipinna	TERRESTRE
C. alicola	Balistes vetula	Sesuvium portulacastrum
Cittarium pica	Bathygobius soporator	Portulacata olearacea
Conus mus	Bodianus rufus	
	Caranx fuscus	

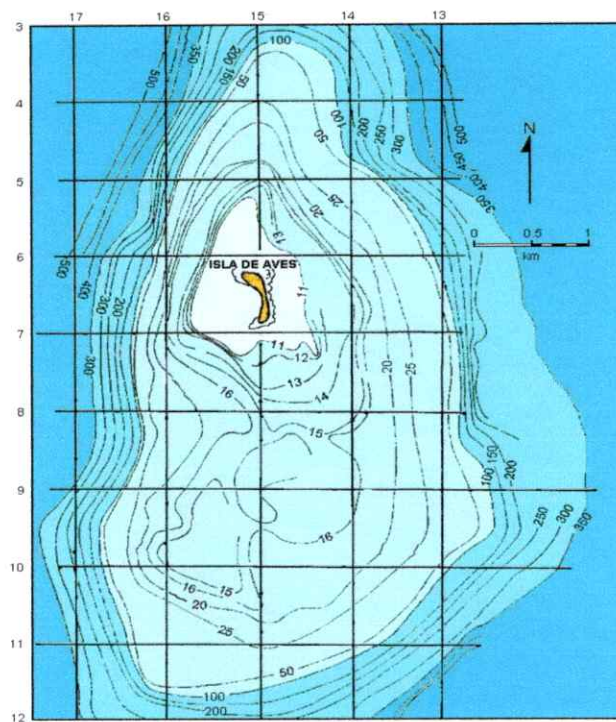


Fig. 4. Batimetría general en la Plataforma de Aves. El área en la cual se encuentra la isla indica la mayor altura del basamento calcáreo del Pleistoceno Tardío. Al sur de la isla se encuentra otra plataforma que se encuentra a 15 m de profundidad. Ambas áreas se encuentran circundadas por terrazas coralinas y arrecifes frangeantes antiguos. Los números indican la dirección de los perfiles sísmicos. Durante las grandes regresiones marinas como la del Wisconsin, en los tiempos cuando el nivel del mar indicó su mayor descenso, las costas de la isla se encontraban aproximadamente en la isobata de 100 m. (Modificado de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales, 1972).

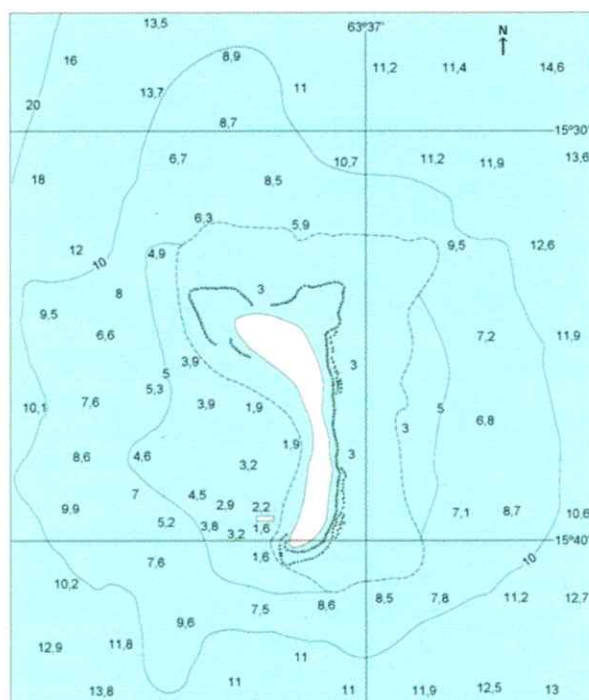


Fig. 5. Profundidades en metros cercanas a Isla de Aves. La isla como tal se desarrolla hasta los 4-5 m. (Batimetría de D.H.N, 2.000)

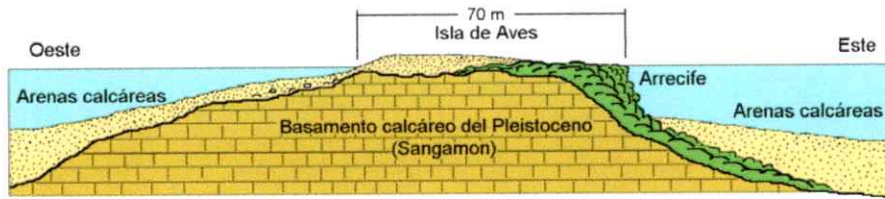


Fig. 6. En un corte de la isla de este a oeste se observa que el arrecife frangeante se desarrolla en el este (dirección principal del oleaje), mientras que por el oeste hay arenas y gravas. El basamento de la isla corresponde al interglaciario Sangamon del Pleistoceno Tardío

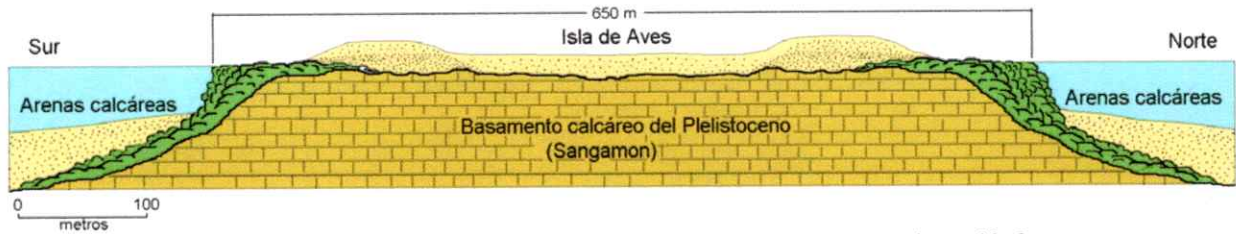


Fig. 7. En un corte geológico por el centro de la isla y desde norte a sur, se observa que el arrecife frangeante también se encuentra tanto en el norte como en el sur. Por lo tanto, el arrecife se desarrolla en el norte, este y sur de la isla, mientras que por el oeste se desplazan las arenas calcáreas desde la plataforma submarina hasta la superficie de ésta.

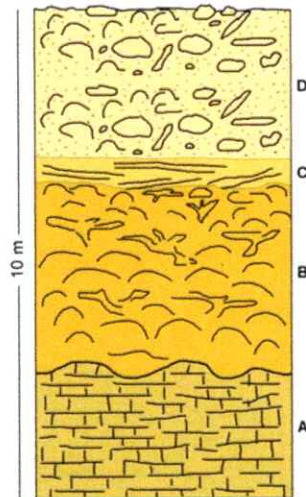


Fig. 8. Columna estratigráfica en la zona denominada "el mástil". A) Representa el basamento del Pleistoceno Tardío (Sangamon). B) Arrecife frangeante desarrollado en el Holoceno. C) Roca de Playa. D) Gravas y arenas de la denominada "caliza del mástil".



Fig. 9. La "caliza del mástil" formada por bloques y gravas de corales, embebidos en una matriz de arena calcárea. En conjunto forman una "terrace de tormenta", más desarrollada en la parte norte (en la foto) que en la sur (foto de D.H.N).



Fig.10. En esta foto de Isla de Aves se observa la zona del oleaje fuerte sobre el arrecife frangeante y la zona de sotavento, sin oleaje importante. El arrecife se forma en el barlovento donde las aguas son ricas en nutrientes y permite una progradación eficaz, mientras que por el sotavento se depositan las arenas calcáreas (foto de D.H.N).



Fig. 11. La foto satelital (NASA) muestra a Isla de Aves con la zona de los arrecifes frangeantes y de sedimentación activa (con azul más claro) en el oeste de la isla, la cual corresponde a las arenas calcáreas que eventualmente se depositan sobre la superficie de esta. Las flechas indican la dirección del oleaje y la sedimentación.



Fig. 12. Se detalla claramente la posición del arrecife frangente tanto en el barlovento (este) como en el norte, sur y en algunas zonas de sotavento (oeste). El sotavento (oeste) representa la zona principal de transporte de arenas calcáreas y gravas por el fondo marino. Esta es la zona de mayor erosión pero la misma es compensada por la sedimentación. En todos los bordes del arrecife frangente hay algo de erosión por el oleaje pero también son las zonas donde la acreción y progradación es más activa, siendo las áreas de mayor crecimiento y expansión de la isla. Las flechas indican la dirección de la progradación.

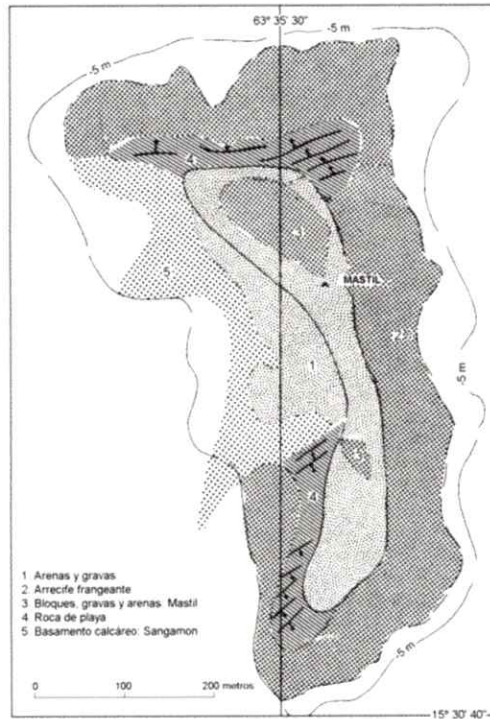
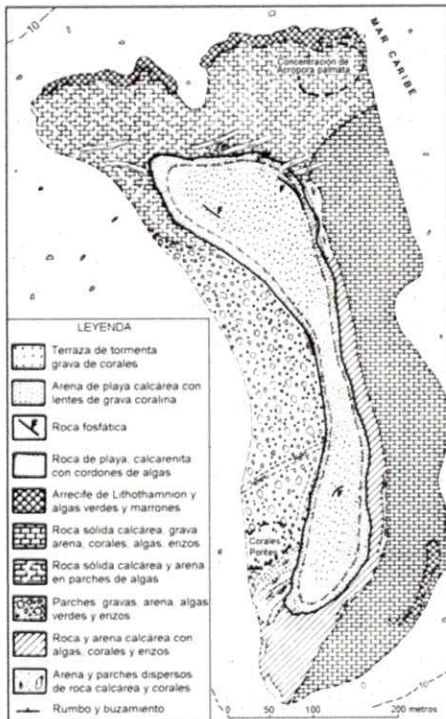


Fig. 13 y 14. (A) Litofacies y biofacies presentes en Isla de Aves, de acuerdo al esquema de ALMEIDA Y GODDARD (1972), posteriormente modificado por PICARD (en GONZÁLEZ DE JUANA et al, 1980). (B) Mapa litológico de PANTIN (1972) sobre el cual se han modificado y reinterpretado las diversas unidades litológicas, consistentes con los conocimientos actuales sobre Isla de Aves. Los buzamientos en la roca de playa, tanto en el norte como en el sur de la isla, no indican un anticlinal, sino que corresponden a la formación natural de esta facies la cual siempre presenta una inclinación en dirección de la corriente intramareal.

REFLECTORES SISMICOS EN LA PLATAFORMA DE ISLA DE AVES

La Fundación La Salle de Ciencias Naturales (1972) y LAREDO Y PICARD (1977), efectuaron un estudio sísmico de reflexión donde se muestran tres unidades geosísmicas principales, denominadas 1, 2 y 3. Estas unidades fueron correlacionadas con los datos de refracción sísmica obtenidos sobre la isla (AGUILERA Y GALLOVICH, 1970; FLASA, 1971; INTECMAR, 1971), indicando que se encuentra una sección sedimentaria (sedimentos y rocas calcáreas) que puede alcanzar más 75 a 100 metros de espesor. Las velocidades de la sísmica de refracción corresponden a los sedimentos de la isla y el basamento por debajo de esta, por lo tanto hay variaciones en las velocidades a lo largo de la plataforma, para un mismo tipo de sedimento. El caso más obvio es con las arenas no consolidadas, las cuales presentan una velocidad específica en la isla, pero a lo largo de la plataforma poseen reflectores internos con sedimentos litificados los cuales corresponden a biohermos y terrazas calcáreas locales. Los perfiles de la sísmica de reflexión se corrieron de norte a sur y de este a oeste, abarcando toda la plataforma de Aves, salvo, obviamente, el sector en el cual, está circunscrita Isla de Aves. Las velocidades de propagación obtenidas por la sísmica de refracción se correlacionaron para las unidades de reflexión, indicando lo siguiente:

1. Unidad geosísmica 1. Representa la capa superior y posee un espesor que varía de 0 a 35 m. Está formada, principalmente, por sedimentos calcáreos no consolidados del Holoceno, saturados con agua salada, y algunos reflectores aislados, los cuales representan la presencia de biohermos o pequeños arrecifes aislados formados durante el ascenso del nivel del mar en el Holoceno. Se encuentran niveles

aislados en forma de terrazas sumergidas, constituidas principalmente por corales, con gran porosidad, y espacios abiertos en forma de oquedades. Las terrazas corresponden a los niveles más transgresivos de los interglaciales de 104 ka y 84 ka. En algunos sectores el espesor es muy pequeño, ya que las capas infrayacentes 2 y 3 están muy cercanas a la superficie. La velocidad de propagación de esta unidad es de 1500 a 1600 m/seg y resistividades superiores o iguales a 5 ohmios-metro.

2. Unidad geosísmica 2. Presenta un espesor que varía desde 0 hasta 45 m. Constituye una capa intermedia y presenta reflectores internos. Esta unidad está formada por dos masas principales a ambos lados de un eje al cual se acuñan, donde se encuentra la porción más levantada, infrayacente y formando un eje positivo, de la unidad geosísmica 3, sobre la cual se formó la Isla de Aves. Esta unidad representa calizas litificadas del Pleistoceno Tardío y posee velocidades de propagación del orden de los 2500 m/seg y resistividades de 18 ohmios-metro.
3. Unidad geosísmica 3. Es la unidad más antigua identificada como de rocas sedimentarias calcáreas del Pleistoceno. Su espesor no fue determinado ya que no se identificaron claramente otros reflectores infrayacentes. Su máxima subida se encuentra en Isla de Aves, donde forma el basamento de la isla y forma un eje positivo al este, en dirección norte-sur a unos 250 m de la isla. La velocidad de propagación de esta unidad por el método de refracción sísmica está comprendida entre 2.900 y 3.400 m/seg.

INTERPRETACION

La unidad geosísmica 3, la más antigua, representa la transgresión del Sangamon, ocurrida hace 125.000 años. Esta transgresión, cuyos carbonatos suprayacen a sedimentos calcáreos más antiguos del Pleistoceno, llegó hasta 6 m por encima del nivel actual, por lo cual, las calizas más elevadas o cerca de la superficie y del nivel del mar actual, corresponden a este interglacial. Debemos considerar que el Sangamón se ubica sobre calizas más antiguas, del Pleistoceno Medio, previamente erosionadas, y solamente alcanza los niveles más altos en las áreas donde el basamento más antiguo estaba más cerca de la superficie. El Sangamon está ampliamente reportado y estudiado en el Caribe (Florida, Bahamas, Belice, Jamaica República Dominicana, Curazao, Aruba, Bonaire, etc.), donde se considera el basamento calcáreo de cayos, islas, arrecifes frangeantes y de barrera. Es un indicativo fundamental para determinar si la zona está expuesta a levantamiento tectónico o subsidencia, ya que si está situado por encima de los 6 m sobre el nivel actual, representa un levantamiento tectónico del área (Méndez B, 1983, 1984). Por el contrario, al estar situado por debajo de los 6 m, con respecto al nivel del mar, representa una zona controlada por la subsidencia. Además de las áreas mencionadas, han sido estudiadas y fechadas por el método de Uranio/Thorio, algunas islas y archipiélagos de Venezuela como Los Roques, La Blanquilla, la Isla de Margarita y la Formación Castillo de Araya en la Península de Araya. (MÉNDEZ B, 1985, 1997).

La unidad geosísmica 2, está formada por las calizas derivadas de las transgresiones ocurridas hace 104.000, 84.000 y 60.000 años, cuyos niveles del mar alcanzaron -14, -20 y -20 metros por debajo del nivel actual, por lo cual en algunos sectores, las calizas más altas siguen siendo las del Sangamon. Los topes de la unidad

geosísmica 2, siempre se encuentran por debajo de los -14, -15 y -16 m de profundidad.

Las pequeñas transgresiones originadas hace 40.000 y 29.000 años, solamente alcanzaron niveles de -40 a -50 m por debajo del nivel actual, por lo tanto, las calizas originadas durante estas pequeñas transgresiones solamente se pueden encontrar en la unidad geosísmica 2 hacia los bordes de la plataforma. Finalmente, a partir de 10.000-11.000 años y sobre todas las transgresiones anteriores, se produce la elevación del nivel del mar durante el Holoceno, originando la sedimentación de arenas no consolidadas que se encuentran sobre toda la Plataforma de Aves. A medida que el nivel del mar ascendía durante el Holoceno, se formaron arrecifes frangeantes sobre las calizas de la unidad geosísmica 2. Estos pequeños arrecifes no prosperaron y fueron abandonados como arrecifes frangeantes, manchones arrecifales y pequeñas terrazas calcáreas mientras el nivel del mar seguía ascendiendo. En los perfiles 6, 8 y 9, con dirección este-oeste, se detalla claramente un nivel de terraza calcárea marcada como A. También se encuentra, pero con menor claridad, en los perfiles 14, 15 y 16, con dirección norte-sur, sobre la plataforma. Esta terraza calcárea indica los niveles máximos de los interglaciales originadas hace 84.000 y 60.000 años, suprayacentes a las calizas del interglacial de 104.000 años. Este nivel máximo originó arrecifes frangeantes bordeando la plataforma en el nivel de profundidad de los 20 m (aproximadamente). Como el ascenso del nivel del mar fue muy rápido, los arrecifes no prosperaron en su crecimiento (acreción y progradación).

La unidad geosísmica 3 comprende a los sedimentos originados durante la transgresión del Holoceno y biohermos aislados en forma de terrazas coralinas originados durante los interglaciales de 104 ka y 84 ka. A medida que se inicia la

transgresión (desde -110 m con respecto al nivel actual, y hace 11.000-12.000 años), su fueron desarrollando pequeños biohermos coralinos sobre las calizas de los interglaciales anteriores. Durante los primeros miles de años la tasa de ascenso del mar fue muy alta y los biohermos y arrecifes frangeantes de las primeras etapas del Holoceno, nunca prosperaron, pero originaron una cubierta de corales y organismos asociados aislados, sobre las calizas infrayacentes, a medida que ascendía el nivel del mar. En los perfiles se observa claramente una serie de terrazas calcáreas sumergidas, las cuales no pueden estar constituidas solamente por arenas no consolidadas del Holoceno. La profundidad de las terrazas corresponden a eventos interglaciales anteriores de 104 ka y 84 ka, indicando el ascenso máximo del nivel del mar para esos tiempos. Con la estabilización temporal del nivel del mar en el tope de estos interglaciales se formaron arrecifes frangeantes, los cuales representan las terrazas sumergidas.

En los últimos 4.000 años el ascenso del nivel del mar ha sido más lento, pero éste ya estaba muy alto con respecto a la unidad geosísmica 2. Sin embargo algunos biohermos se desarrollaron, principalmente en las terrazas submarinas previamente formadas durante los interglaciales

anteriores. En estos sectores la unidad geosísmica 2 con respecto a la 3 no está claramente definida, ya que es una combinación de ambas. Esta morfología submarina se observa a través de una fotografía obtenida por la NASA (2006), donde un antiguo arrecife de barrera y frangeante, originado desde la terraza de los interglaciales de 104 ka y 84 ka, conjuntamente con biohermos del Holoceno, desarrolló un atolón. Este atolón bordeaba el basamento calcáreo más superficial formado por las calizas del Pleistoceno de los interglaciales antes citados. Para el momento de su formación originó un sistema coralino de grandes dimensiones, el cual finalmente no prosperó en su crecimiento, debido al ascenso muy rápido del nivel del mar durante las primeras etapas del Holoceno. Finalmente, los únicos arrecifes que se formaron y se han mantenido, lo hicieron tomando como basamento la unidad geosísmica 3, que en la zona donde se formó Isla de Aves, se encontraba lo suficientemente alto para desarrollar arrecifes frangeantes. Estos arrecifes poseen la capacidad de prosperar, originando acreción, progradación y sustento, para las arenas no consolidadas que son acarreadas por las corrientes (Figs. 15 - 19).

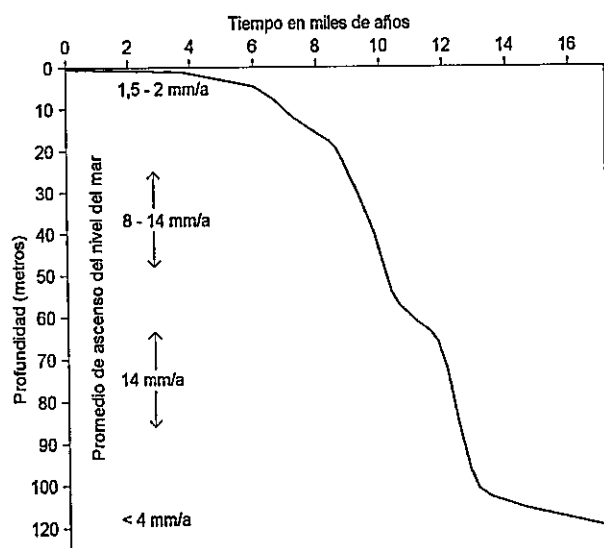


Fig. 15. El gráfico indica la velocidad de ascenso (aproximada) del nivel del mar durante el Holoceno una vez finalizada la glaciación Wisconsin. Durante gran parte de la transgresión marina el ascenso del nivel fue muy rápido. A partir de 6000 años, antes del presente, la velocidad en la transgresión marina disminuyó lo suficiente para permitir la formación y estabilización de arrecifes de barrera, frangeantes e islas coralinas. De esta forma, todos los sistemas modernos de carbonatos, inician el desarrollo masivo desde el tiempo antes indicado (modificado de STANLEY, 1999).

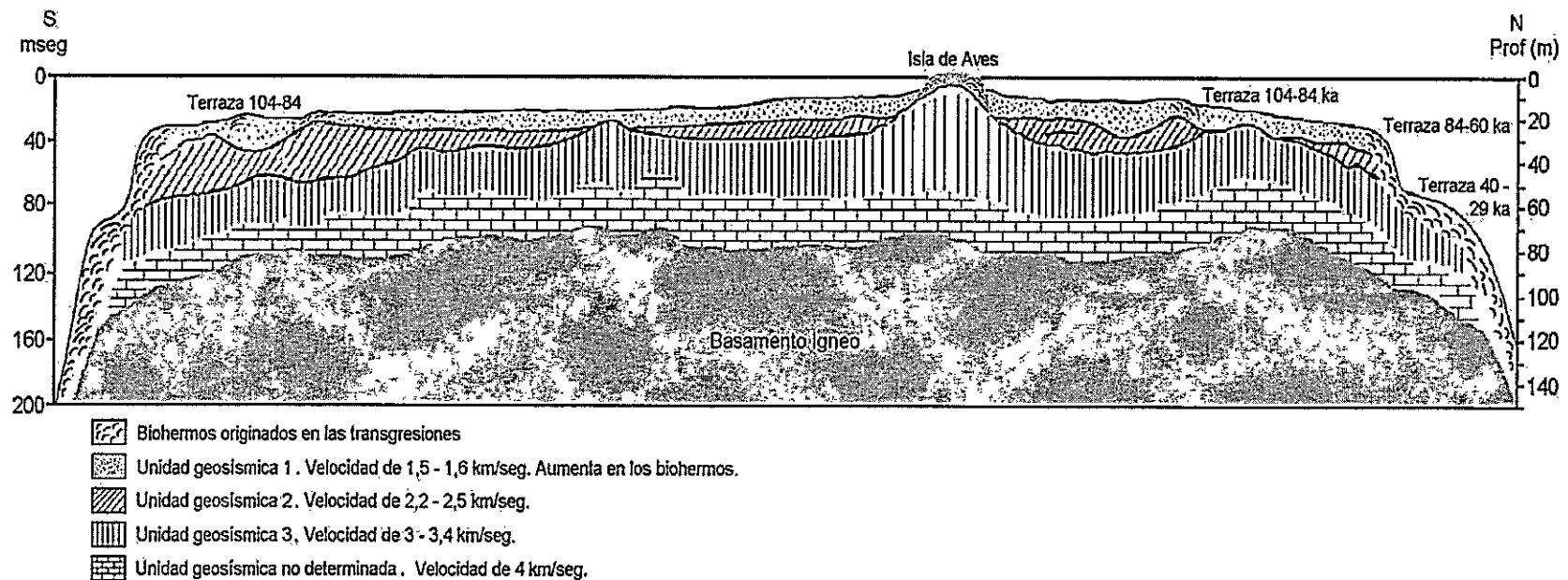


Fig. 16. Durante las transgresiones se originaron una serie de biohermos en forma de arrecifes frangeantes a medida que ascendía el nivel del mar. En el talud de la Prominencia de Aves, cada transgresión y los biohermos que originaron, se montaron (suprayacen) sobre las transgresiones precedentes. La unidad geosísmica 1 está formada por arrecifes frangeantes aislados derivados de la transgresión del Holoceno. Algunos de estos arrecifes suprayacen a biohermos formados durante las transgresiones del Pleistoceno Tardío. La mayor parte de esta unidad geosísmica está constituida por arenas no consolidadas del Holoceno, las cuales se siguen formando actualmente por los fragmentos y organismos calcáreos. La unidad geosísmica 2 está formada por los sedimentos calcáreos derivados de las transgresiones marinas ocurridas hace 104, 84 y 60 ka. Estas transgresiones fueron lo suficientemente altas (-14, -20 y -20 m con respecto al nivel del mar actual), y depositaron los sedimentos en el tope de la plataforma. Todos estos sedimentos se litificaron, ya que después de cada transgresión se originó una regresión marina, con lo cual los sedimentos experimentaron una erosión cárstica, posterior a la litificación de los mismos. Se puede observar en la figura, que cerca de ambos extremos de la plataforma se encuentran dos niveles de terrazas coralinas que representan los ascensos máximos del nivel del mar durante las transgresiones de 104 y 80 ka. Estas terrazas indican arrecifes frangeantes remanentes, sobre los cuales durante la transgresión del Holoceno se han originado nuevos biohermos que se han mantenido entre 20 y 15 metros de profundidad (ver fig. 21). La unidad geosísmica 3 representa a la transgresión del Sangamon y algunas transgresiones precedentes, de finales del Pleistoceno Medio, en la base. La unidad geosísmica no determinada, puede indicar (según el autor de este trabajo), las calizas de las transgresiones del Pleistoceno Medio. Es probable que estos sedimentos calcáreos, presenten bloques, gravas y arenas de rocas ígneas intermedias (dioritas y andesitas), las cuales al estar cementadas por los carbonatos indican una mayor velocidad en la sismica de refracción.

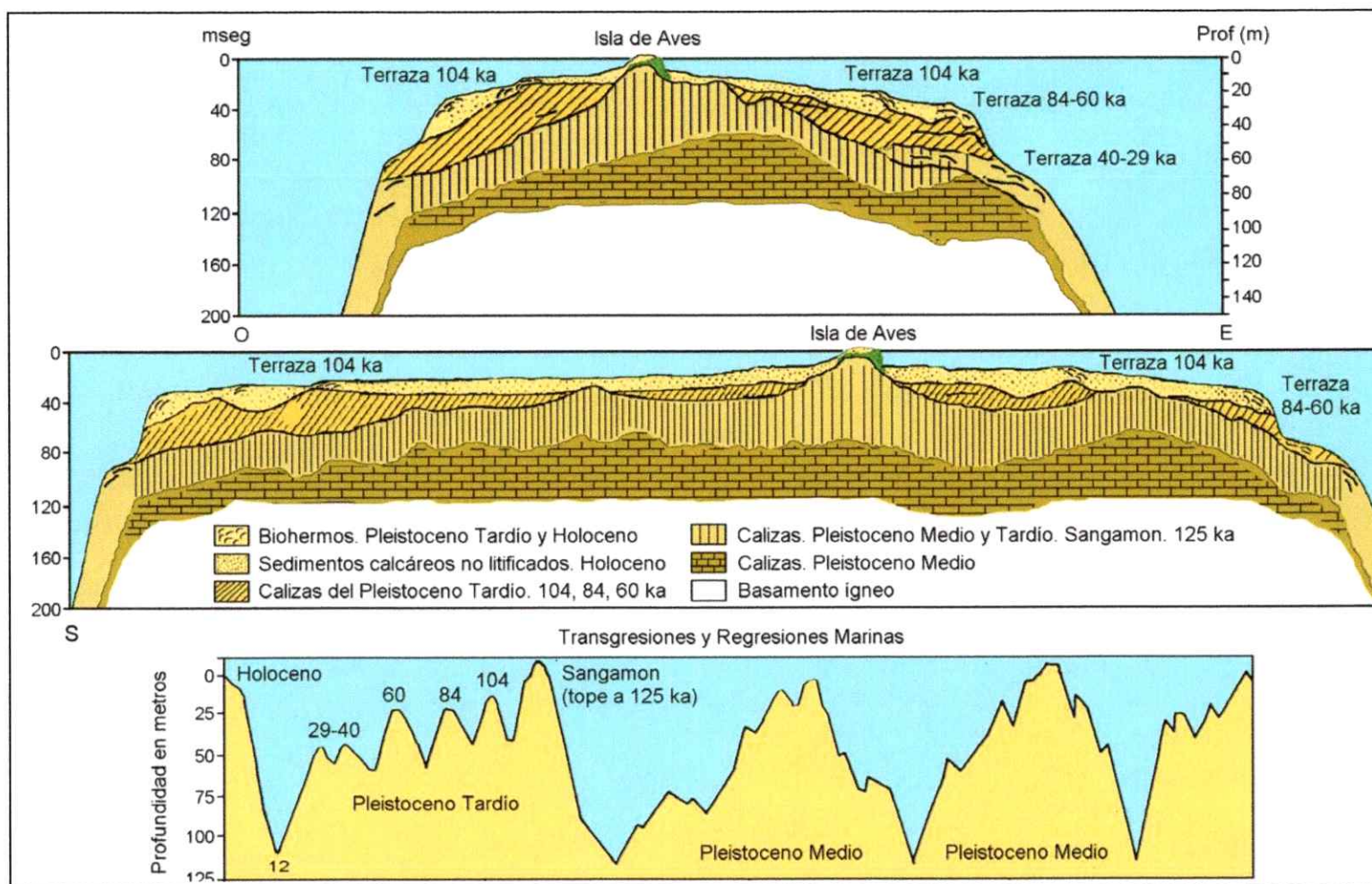


Fig. 17. En la figura se indica un perfil en dirección este-oeste, que posee las características generales de los perfiles 6 y 7 de la página 38 (dirección este-oeste), así como el perfil 15, modificado, con dirección norte-sur. Ambos perfiles pasan por la isla. Se indica la posición de la unidad geosísmica 3, la cual corresponde al interglacial Sangamón cuya transgresión fue la más alta del Pleistoceno Tardío, alcanzando +6 m sobre el nivel actual. Se establece que ambos perfiles pasan por la Isla de Aves donde la unidad geosísmica 3 alcanza la mayor altura y sirve de basamento calcáreo a la isla formada durante la transgresión del Holoceno. La unidad geosísmica 2 nunca alcanzó suficiente altura con respecto al nivel del mar del Holoceno, por lo cual no ha servido de basamento para la isla.



Fig. 18. En la imagen se ha preservado la posición en la cual el satélite tomó la fotografía. Claramente se observa un atolón para el tiempo de su formación. En la actualidad se conserva como un anillo de arrecifes frangeantes sumergidos. El atolón se formó con las transgresiones de 104, 84 y probablemente 60 ka. El basamento sobre el cual está formado corresponde al interglacial Sangamon de 125 ka, por lo tanto para el tiempo de su formación, antes de originarse el atolón, los arrecifes frangeantes bordeaban al basamento del Sangamón el cual se encontraba más elevado y el punto más alto correspondió a la zona donde posteriormente se origina Isla de Aves. Se observa, que en algunas zonas se detallan dos sistemas de arrecifes frangeantes, los cuales corresponde a dos terrazas coralinas diferentes. La terraza interna pertenece al interglacial de 104 ka (el tope transgresivo llegó hasta -14 m de profundidad), mientras que la terraza externa se encuentra a una profundidad mayor y se originó posteriormente con los interglaciales de 84 y 60 ka (el tope transgresivo llegó hasta -20-22 m de profundidad. Todo el sistema se encuentra, principalmente, entre 20 y 15 m de profundidad, por lo cual entre ambas terrazas hay una diferencia de 5 a 4 m). Las regresiones posteriores erosionaron el sistema de arrecifes frangeantes y todo el Sangamón. Las transgresiones finales del Pleistoceno Tardío (40 y 29 ka), solamente alcanzaron un tope máximo de -40 y -50 m de profundidad, por lo cual continuó la erosión, acentuándose durante la regresión final y máxima de Wisconsin. Con la transgresión final del Holoceno, los arrecifes frangeantes se reactivaron parcialmente, pero la velocidad de ascenso del nivel del mar, no permitió que estos arrecifes mantuvieran una acreción y progradación constante. Solamente, cuando descende abruptamente la velocidad de ascenso de la transgresión (6000-5000 ap) se puede originar en la parte más alta del Sangamon la Isla de Aves (Imagen de la NASA, 2006).

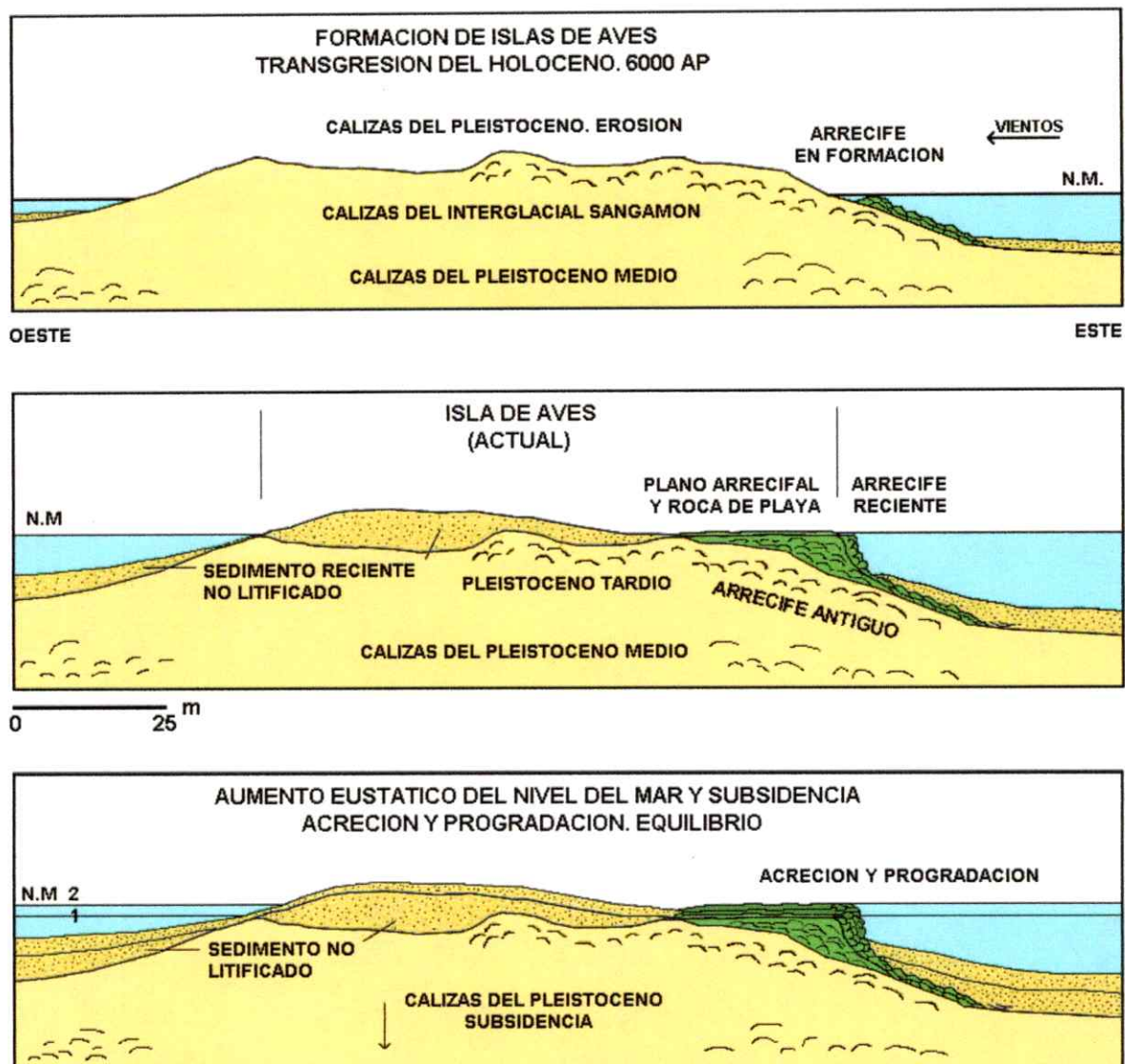


Fig. 19. En el gráfico superior se indica el inicio de la formación del arrecife frangeante en torno al basamento calcáreo del Sangamon, a partir de la disminución en la velocidad de ascenso del nivel del mar durante el Holoceno. El gráfico siguiente representa la isla actual desarrollada en torno al basamento calcáreo, el arrecife frangeante y las arenas no consolidadas de la superficie de la isla. Como se puede observar, las dimensiones de la isla están definidas por la altura máxima alcanzada por el basamento calcáreo y por el área de éste. El perímetro de la isla también está definido por el arrecife frangeante y ésta no se puede expandir más allá de los límites del arrecife, indicando que la sedimentación y retención de las arenas no consolidadas de la isla dependen enteramente del arrecife frangeante. La ultima figura representa el equilibrio que se opera entre la subsidencia, aumento del nivel del mar y la acreción y progradación, lo cual es común a todos los sistemas de carbonatos modernos. A medida que opera la subsidencia y sube el nivel del mar, la sedimentación de las arenas y el crecimiento del arrecife en la zona del barlovento, mantiene el equilibrio. Este control geológico está operando en Los Roques, Aves de Barlovento, Aves de Sotavento, La Orchila, Bahamas, Belice, etc.

ESTABILIDAD DE ISLA DE AVES. EQUILIBRIO ENTRE LA ACRECION, PROGRADACION, SUBSIDENCIA Y AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

Durante los últimos 60 años se ha especulado sobre la estabilidad de la isla, pretendiendo inclusive, comparar las dimensiones actuales de ésta con mapas del siglo XIX, en los cuales una supuesta isla era de dimensiones mayores, con lo cual Isla de Aves presentaba un descenso significativo en su tamaño (Figs. 20, 21). Todas estas especulaciones, generalmente por la falta de información científica y por el desconocimiento de la formación de los sistemas de carbonatos durante el Pleistoceno y el Holoceno, han originado una controversia innecesaria sobre la estabilidad de Isla de Aves. Como se ha explicado a lo largo de este trabajo, la isla tiene las dimensiones derivadas del tamaño del basamento calcáreo originado por la mayor de las transgresiones ocurridas en los últimos 125.000 años. Este basamento sirve de soporte a la formación del arrecife frangeante durante los últimos 6.000 - 4.000 años y posteriormente a la sedimentación constante de las arenas no consolidadas desde toda la plataforma calcárea, acarreadas por las corrientes y el oleaje. La isla nunca se ha extendido más allá de la protección del sistema de arrecifes frangeantes, ya que éstos al estar al nivel de la superficie del mar permiten la estabilidad de las arenas y de todo el sistema de la isla. Islas similares o cayos coralinos, como también se les puede denominar, con dimensiones similares, más pequeñas o más grandes, se encuentran en Los Roques, Aves de Barlovento, Aves de Sotavento, Florida, Bahamas, y en general, en todas las áreas del Caribe relacionadas con sistemas de carbonatos.

Aun cuando el nivel del mar está subiendo, aproximadamente 1,5 - 2 mm por año, todos los sistemas de carbonatos

competentes progradan y crecen, de forma tal, que compensan la subsidencia y el aumento del nivel del mar manteniendo un equilibrio constante. Los grandes sistemas de carbonatos a lo largo de la historia geológica de la Tierra, son aquellos en los cuales impera la subsidencia y los sistemas de carbonatos logran formar grandes depósitos. La subsidencia, al ser contrarrestada por los sedimentos de carbonatos, permite el desarrollo de grandes espesores. Esto está ocurriendo en el Archipiélago Los Roques, Aves de Barlovento, Aves de Sotavento e Isla de La Orchila, e indudablemente a nadie se le puede ocurrir pensar que estos complejos van a desaparecer por hundimiento (subsidencia). Igualmente pudiéramos citar al los sistemas de la Florida, Belice, Bahamas, entre otros. Isla de Aves, se encuentra en equilibrio con la subsidencia normal a la cual está sujeta la Plataforma de Aves y al aumento del nivel del mar, ya que el arrecife está progradando y creciendo en dirección este. Es normal que la sedimentación de las arenas superficiales no consolidadas en la isla, varíe ligeramente y ocasionalmente, pero como se ha podido observar, mantienen una forma relativamente constante. Inclusive, ante el paso de huracanes, como ocurrió con el David (1979) y Allen (1980), el efecto inmediato de los vientos y el oleaje, origina una dispersión y movilización de parte de las arenas superficiales cambiando la forma visual inmediata de la isla, pero una vez finalizado el efecto de los huracanes, la dinámica sedimentaria vuelve a restituir las arenas superficiales, acarreadas y transportadas por las corrientes marinas, reconstruyendo la forma general de la isla. (Figs. 22, 23). La razón de esta dinámica se encuentra en el arrecife frangeante, el cual no solamente mantiene la estabilidad y equilibrio con las arenas superficiales, sino que está progradando de manera efectiva, aumentando la superficie general de la isla. En base a todas estas consideraciones, se puede afirmar que Isla de Aves, como

sistema de carbonatos originado en el Holoceno, está en equilibrio con la subsidencia y el aumento del nivel del mar.

Es indudable que en Isla de Aves se deben efectuar algunos proyectos de estudio como se han llevado a cabo en casi todas las islas coralinas y de carbonatos del Caribe, pero sin partir de la base errónea y equivocada de que la isla está disminuyendo en su tamaño. A tal efecto, es necesario conocer en detalle la dinámica sedimentaria y movilización de los sedimentos calcáreos en la plataforma e Isla de Aves, así como las áreas del arrecife donde se presenta mayor diversidad coralina, o en el caso contrario, disminución de ésta. Estas variables son

normales en cualquier sistema y arrecife coralino. En las figuras 24 - 31, se muestran algunos efectos originados por las tormentas en los sedimentos y el arrecife frangeante, lo cual forma parte de la evolución normal del biohermo y la isla, así como ejemplos de roca de playa, la cual se origina como parte del sistema general del biohermo.

Para todos los geólogos, biólogos y profesionales afines, relacionados con la formación de carbonatos y biodiversidad que en estos sistemas impera, específicamente del Cuaternario, los datos geológicos y geofísicos son irrefutables, e indican un sistema en equilibrio y progradando para Isla de Aves.

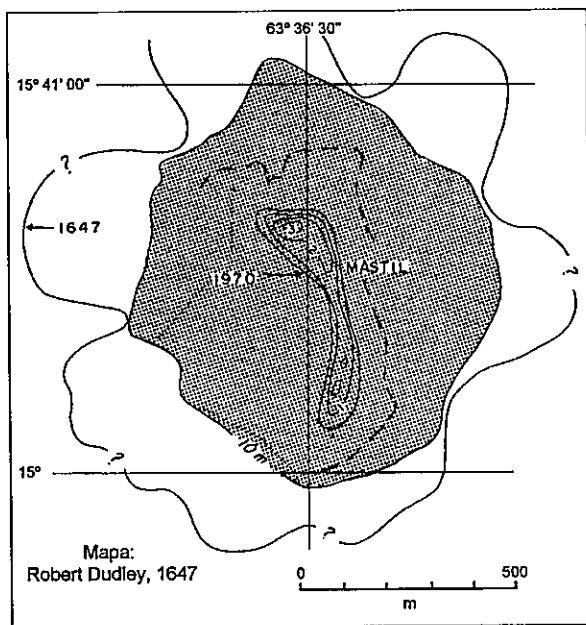


Fig. 20. Dimensiones de Isla de Aves según un supuesto mapa atribuido a ROBERT DUDLEY en 1647. Como se puede observar, los contornos parecen más bien corresponder a líneas batimétricas y a profundidades muy superiores en algunas zonas a los 10 metros. Por lo tanto, a esas profundidades no es posible mantener el crecimiento del arrecife frangeante y mucho menos lograr la acumulación de arenas no litificadas hasta el nivel de la superficie.

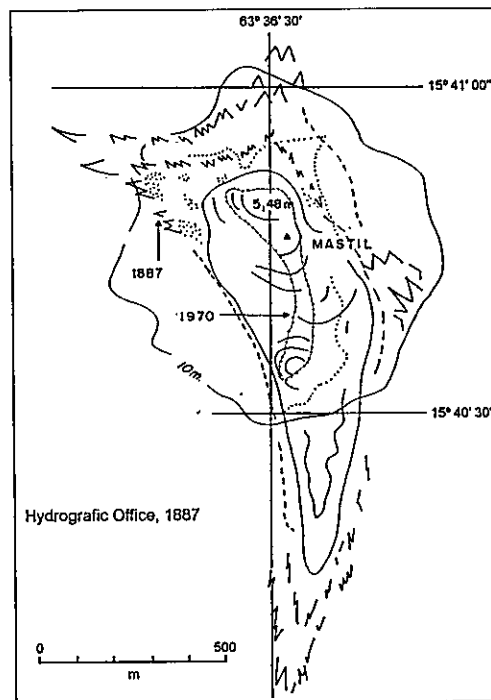
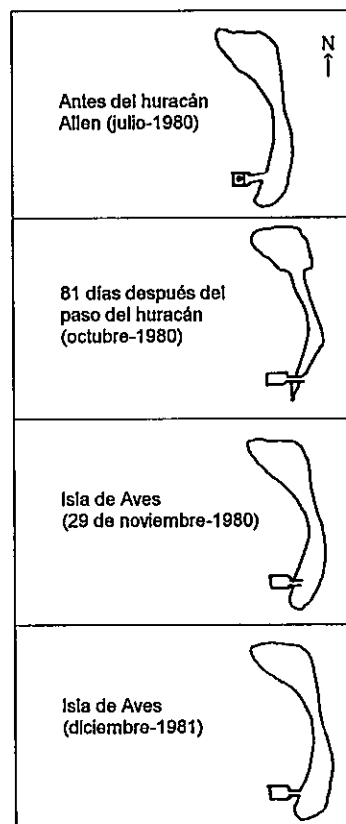
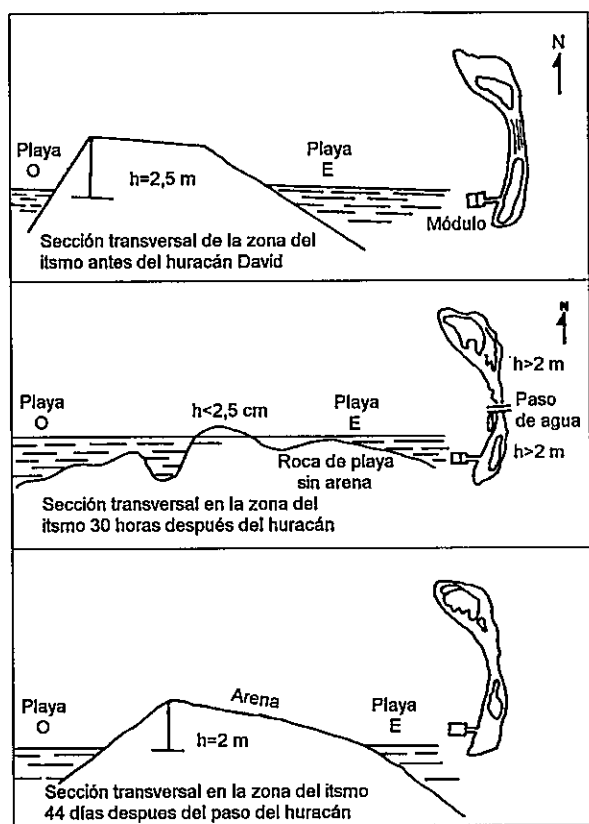


Fig. 21. De manera similar al gráfico anterior, este mapa, atribuido al Hydrographic Office de E.U.A., de 1887, muestra unas dimensiones para la isla que son imposibles de aceptar, ya que el área emergida se extiende hasta zonas cuyas profundidades son cercanas a los 20 metros. De haber existido arrecifes frangeantes que se originaron desde estas profundidades, no es posible que hayan desaparecido sin haber dejado ningún vestigio de su existencia. Como se ha indicado a lo largo de este trabajo, la parte sumergida de todo el arrecife frangeante fue observado utilizando bombonas de aire comprimido por ALMEIDA Y GODDARD, así como por el autor. Los límites del arrecife por el barlovento, norte y sur de la isla, no indican ninguna extensión adicional en el pasado.



Figs. 22, 23. En ambas figuras se detallan los efectos de los huracanes David, el 29 de agosto de 1979 y Allen, en 1980. Durante el paso de huracán David, las arenas de la zona del istmo fueron desplazadas, estableciéndose un paso de agua entre la zona de barlovento y sotavento. El desplazamiento de las arenas expuso las calizas litificadas de parte del Sangamon (basamento calcáreo) y roca de playa perteneciente al arrecife frangeante. Sin embargo, 44 días después del paso del huracán, el volumen de arenas en la zona y la morfología general de la isla, prácticamente habían sido restituidas. Un año después, la isla fue nuevamente afectada por el paso del huracán Allen. En esta oportunidad, la mayor movilización de arenas se produjo en la zona sur de la isla. Igual que en el caso del huracán David, algunos meses después, la morfología y la sedimentación de las arenas se presentaban en forma similar a la que existía antes del paso del huracán. Esto indica que la movilización de arenas calcáreas desde la plataforma marina hasta la isla es sumamente eficaz y que la sedimentación sobre la isla está controlada por la capacidad del arrecife frangeante para actuar como barrera protectora, así como la altura hasta la cual las arenas se mantienen en equilibrio sobre la isla. La presencia de terrazas de tormenta, principalmente en el sector norte, formadas por grandes bloques de corales, indican el paso de huracanes importantes, los cuales forman parte de la dinámica sedimentaria de la isla. De manera similar, ocurre en casi todas las zonas del Caribe.

CONCLUSIONES

1. Isla de Aves, situada en el norte de la Prominencia de Aves, es el único punto de esta prominencia submarina, en aflorar sobre la superficie del mar.
2. La isla está compuesta por un arrecife frangeante, formado durante el Holoceno, bordeando la isla por el este (dirección principal de los vientos), norte, sur, noroeste

- y suroeste, por lo tanto forma casi un anillo en torno a la isla.
3. El arrecife posee una asociación "coralgal", con pocas especies de corales hexacorarios y algas rojas, principalmente Lithothamnion, lo cual le imprime una rigidez extrema a todo el biohermo. Este tipo de arrecife es característico de islas típicamente oceánicas, como Isla de Aves, o zonas con oleaje extremo.

4. Las dimensiones de la isla están definidas y limitadas por el arrecife frangeante.
5. Las arenas son acarreadas desde toda la plataforma submarina en torno a la isla y se depositan principalmente desde el oeste (sotavento).
6. Las arenas superficiales no están consolidadas y son fácilmente removibles durante cualquier tormenta. Las arenas, de las capas medias e inferiores, poseen mayor cohesión entre los granos, ya que hay algo de cemento calcáreo y fosfático entre éstos.
7. La sedimentación de las arenas está limitada por el arrecife frangeante y la profundidad.
8. El paso directo de algunos huracanes como el David y el Allen, modificó la fisiografía de la isla relacionada con las arenas no consolidadas, pero algunos meses después, la dinámica sedimentaria y la sedimentación de las arenas sobre la isla, volvió a restituir su forma original, indicando un equilibrio natural para la isla.
9. El arrecife frangeante y la isla en general, se han formado desde un basamento calcáreo perteneciente al inicio del Pleistoceno Tardío, cuya transgresión marina alcanzó su tope máximo hace 125 ka (+ 6 m con respecto al nivel actual) y se conoce como Sangamon.
10. Las posteriores regresiones marinas erosionaron el Sangamon originando una morfología cárstica. Isla de Aves está formada en el tope (después de la erosión parcial) del Sangamon, sobre la Plataforma de Aves.
11. Todas las islas y cayos coralinos originados durante el Holoceno en el Mar Caribe, sujetos a subsidencia, están desarrollados sobre un basamento calcáreo del Sangamon.
12. El arrecife frangeante y competente de la isla, se formó sobre este pedestal del Sangamon, durante los últimos 5000 a 6000 años de la transgresión de Holoceno. A partir de este tiempo, disminuyó la velocidad de ascenso del nivel del mar y permitió la acreción y progradación, no solamente en Isla de Aves, sino en todos los sistemas de carbonatos marinos del Reciente.
13. El tope del basamento calcáreo más cercano a la superficie del mar durante el Holoceno, ha regulado el tamaño del arrecife frangeante, el cual, a su vez, delimita el área de sedimentación y de equilibrio de las arenas sobre la superficie de la isla. Por lo tanto el tamaño de Isla de Aves se ha mantenido muy similar al actual. Para que la isla fuese de un tamaño mayor, el arrecife frangeante debería extenderse hacia el norte y el sur. En todo caso, deberían existir remanentes de arrecifes frangeantes del Holoceno, los cuales no existen.
14. Isla de Aves, como sistema coralino, mantiene un equilibrio entre la subsidencia y aumento del nivel del mar, con respecto a la acreción general de la isla y la progradación del arrecife frangeante.
15. Todos los datos geológicos y geofísicos indican que Isla de Aves ha mantenido un proceso constante de acreción y progradación, como otros sistemas de carbonatos del Holoceno, por lo cual, nunca ha tenido dimensiones mayores a las actuales en los últimos cientos de años. Al contrario, el arrecife ha venido progradando, como es natural.
16. Los "mapas y leyendas" acerca de una dimensión mayor para la isla y su disminución en el tiempo, no tienen ningún asidero científico y

son producto del manejo inadecuado de los parámetros que rigen la evolución en un sistema de carbonatos.

17. Isla de Aves representa un extraordinario modelo de dinámica sedimentaria en torno a una isla oceánica sobre una plataforma

submarina. Es necesario, sin embargo, conocer en detalle los diversos procesos geológicos y biológicos que mantienen el equilibrio de la isla, sin interferir en las condiciones naturales imperantes.



Fig. 24. Bloques de coral derivados del arrecife frangeante de *Montastrea annularis* (frente) y *Diploria* sp. en la denominada caliza de "el mastil".



Fig. 25. Tope de la caliza "el mastil" en la parte norte de la isla. Representa una antigua terraza de tormenta.



Fig. 26. Grandes bloques de roca de playa desprendidos desde el tope del arrecife frangeante. Aun cuando los bloques derivados de corales son comunes en las terrazas de tormenta, el desprendimiento de roca de playa indica una energía extremadamente alta por un huracán en el pasado.



Fig. 27. Roca de playa en la parte sur de la isla, cuyo buzamiento es contrario a la que está situada en la parte norte.



Fig. 28. Roca de playa en la parte norte de la isla. Se encuentra situada ligeramente por encima de la zona intramareal, indicando que el proceso de formación prácticamente ha finalizado.



Fig. 29. Formación de roca de playa por la cementación de las arenas no consolidadas por aragonito y calcita magnesiana.



Fig. 30. El sotavento de la isla (oeste) es el área de mayor sedimentación de arenas calcáreas hacia la isla. La flecha indica una antigua roca de playa formada durante la evolución del arrecife frangeante, y antes de que las arenas se depositarán en forma masiva sobre la actual superficie de la isla.



Fig. 31. Bloques y gravas de coral en el sotavento de la isla. La mayor parte de éstos provienen del arrecife situado en el lado opuesto de la isla durante el paso de huracanes en el pasado.

BIBLIOGRAFÍA

ALMEIDA, P. Y GODDARD, D. (1974). Biología y Geología del Fondo Alrededor de Isla de Aves hasta 10 metros de Profundidad. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*. Caracas, Venezuela. Tomo XXXI. N°. 128-129.

AGUILERA, L y GALLOVICH, E (1970). Ensayos Sísmicos de Refracción efectuados en la Isla de Aves. Sociedad de Ciencias Naturales de La Salle. *Memoria*. Caracas, Venezuela. Tomo. XXX, N° 87, pp. 205-212.

CASE, J. E. (1975). Geophysical Studies in the Caribbean Sea. En: *The Ocean Basin and Margins. Volume 3, The Gulf Of Mexico and the Caribbean*. Editado por: A. E. M. Nairn y F. G. Stehli. Plenum Press. New York.

FEBRES-ORTEGA, G. Y HERRERA, L. E. (1976). Caribbean Sea Circulation and water mass transports near the Lesser Antilles. *Boletín del Instituto Oceanográfico*. Caracas, Venezuela. Vol. 15, pp. 83-96.

- FLASA (1971). Informe sobre la expedición a Isla de Aves. Parte I: Geofísica: Informe sobre los ensayos sísmicos de refracción efectuados en Isla de Aves. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. *Informe inédito*. Caracas, Venezuela. 9 p.
- FOX, J. P. y HEEZEN, B. C. (1975). Geology of the Caribbean Crust. En: The Ocean Basin and Margins. Volume 3, The Gulf Of Mexico and the Caribbean. Editado por: A. E. M. Nairn y F. G. Stehli. Plenum Press. New Cork.
- FOX, P. J., SCHREIBER, E. Y HEEZEN, B. C. (1975). The Geology of the Caribbean crust: Tertiary sediments, granite and basic rocks from the Aves Ridge. Tectonophysics, Vol. 12, pp. 89-109.
- FUNDACION LA SALLE DE CIENCIAS NATURALES (1972). Estudio Sísmico Batimétrico de la Isla de Aves. Caracas, Venezuela. 50 p.
- GIBSON-SMITH, W. (1971). A collection of molluscs from Isla de Aves, Venezuela. *VI Conferencia Geológica del Caribe*. Isla de Margarita. Venezuela. pp. 470-478.
- GONZALEZ DE JUANA, C., ITURRALDE DE OROZENA, J. M. y PICARD CADILLAC, X. (1980). Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas. Ediciones Foninves, Tomo II. Caracas, Venezuela, pp. 415-1031.
- GREMONE, C. y GOMEZ, J. (1983). Isla de Aves como área de desove de la tortuga verde. Fundación para la Defensa de la Naturaleza. Caracas, Venezuela.
- HOYOS, J. (1971). Isla de Aves. Natura. N° 46-47. pp. 2-8.
- INTECMAR (1971). Prospección geoelectrica en la Isla de Aves. INTECMAR. Universidad Simón Bolívar. *Informe Inédito*. Caracas, Venezuela. 3 p.
- LAREDO, M. y PICARD, X. (1977). Aplicación a la ingeniería de métodos geofísicos marinos (método sparker). *II Congreso Geológico Latinoam. Boletín Geología Public., Esp. 7*, MMH. Caracas, Venezuela. 1973. Tomo IV, pp. 3161-3163.
- MARLOWE, J. I. (1969). Petrología de rocas carbonatadas de la Prominencia de Aves: un informe preliminar. Asociación Venezolana de Geología, Minería y Petróleo, AVGMP. *Boletín Informativo*. Caracas, Venezuela. 12(8):275-287.
- MENDEZ B, J. (1983). Formación del Arrecife Frangeante en Isla de Aves Durante la Transgresión del Holoceno. ASOVAC. Caracas, Venezuela.
- MENDEZ B, J. (1983). Procesos de acreción en la Prominencia de Aves desde el Sangamon. ASOVAC. Caracas, Venezuela.
- MENDEZ B, J. (1984). Los Roques: Un Ejemplo de Sedimentación de Carbonatos. Morfología, Sedimentología, Organismos, Mineralogía y Geoquímica. Relación con Las Aves y La Blanquilla. Universidad Central de Venezuela, Escuela de Geología Minas y Geofísica. *Tesis Doctoral*. Caracas, Venezuela.
- MENDEZ B., J. (1985). Terrazas submarinas del frente arrecifal en el Archipiélago Los Roques, Aves de Barlovento, Aves de Sotavento y La Blanquilla. *VI Congreso Geológico Venez.* SVG. Caracas, Venezuela. Tomo VIII, pp. 5549-5569.

- MENDEZ B., J. (1985). Transgresiones y regresiones marinas en el Pleistoceno Tardío. Subsistencia y levantamiento en los Roques Las Aves y La Blanquilla. *VI Congreso Geológico Venez.* SVG. Caracas, Venezuela, Tomo VIII, pp. 5570-5597.
- MENDEZ B., J. (1997). El Cuaternario. Dirección General Sectorial de Serveigomin. MEM. *Boletín de Geología*, Caracas. Venezuela. 18(31): 74-114.
- MENDEZ B., J. (1997). Sedimentación marina y terrazas calcáreas durante los interglaciales del Pleistoceno Medio y Tardío. *I Congreso Latinoam., Sedimentología*. Porlamar, Isla de Margarita, Venezuela. pp. 87-94.
- NAGLE, F. (1972). Rocks from de seamounts and scarpments of the Aves Ridge. *VI Conferencia Geológica del Caribe*, Margarita, Venezuela, pp. 409-413.
- OCHINA. Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) (2002). Isla de Aves. Bastión Venezolano en el Mar Caribe. Caracas, Venezuela.
- PANTIN, H. J. (1972). Nuevas observaciones geológicas acerca de Isla de Aves. *VI Conferencia Geológica del Caribe*. Margarita. Venezuela. pp. 74-78.
- PIÑERO, A. (1987). Análisis climatológico de la Isla de Aves y su aplicabilidad en la Administración Ambiental. Instituto Universitario Politécnico de las Fuerzas Armadas. *Tesis de Grado*. MSC. Caracas, Venezuela.
- SCHUBERT, C. y SZABBO, B. J. (1978). Uranium-series age of Pleistocene marine deposits on the Islands of Curacao and La Blanquilla, Caribbean Sea. *Geol. En Mijnb.*, Vol. 57, pp. 17-41.
- STALCUP, M. C. y METCALF, W. G. (1972). Current Measurements in the Passages of the Lesser Antilles. *Journal of Geophysical Research*, 77, pp. 1032 - 1049.
- STANLEY, S. (1999). Earth System History. W. H. Freeman and Company. New York. p. 564