

EVALUACIÓN DE OLAS Y MAREAS EN LAS ÉPOCAS DE SEQUÍA Y LLUVIA EN EL VALLE SUBMARINO DE ARAYA, VENEZUELA: III PARTE

QUINTERO ANTONIO^{1*} & TEREJOVA GALINA²

¹*Instituto Oceanográfico de Venezuela, Dpto. de Oceanografía, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. *autor de correspondencia: agqr2005@gmail.com*

²*Investigador Independiente sin filiación institucional. E-mail: galina_terejova@hotmail.com*

RESUMEN: A pesar de la importancia que representa las olas generadas por el viento (ondas de corto periodo) y las mareas (ondas de largo periodo) inducidas por factores astronómicos, sus mediciones son extremadamente escasas particularmente en el valle submarino de Araya. Para la evaluación del comportamiento de esos parámetros en la región se empleó información recabada en dos estaciones marinas. Se concluyó, que en la estación de sequía el promedio de la altura significativa de las olas está entre 14,9 y 15,42 cm, el promedio del periodo entre 4,86 s y 5,16 s y la dirección de las olas fue estable con preponderancia del NE y poca dispersión. En la temporada de lluvias los valores respectivamente fueron: 9,58 cm - 9,99 cm, 4,34 s - 5,00 s y la dirección bastante dispersa. La marea es mixta principalmente diurna con una amplitud de hasta 41 cm. La pleamar o “llenado” tiene lugar en las primeras horas de la tarde y la bajamar o “vaciado” en horas de la noche. Los constituyentes principales de armónicos son: tres de carácter diurno (K1, O1, Q1), tres de carácter semidiurno (M2, S2, N2) y la componente lunar mensual y lunisolar sinódica quincenal (Mm, Msf). Estos componentes contribuyen con el 78,32% de la amplitud de la marea. El presente trabajo junto con dos anteriores tratada de dar respuesta sobre comportamiento de los parámetros dinámicos atmosféricos (vientos) y marinos (corrientes, olas y mareas) en la región del valle submarino de Araya en el nororiente de Venezuela.

Palabras claves: Mar Caribe, nivel del mar, medición oceanográfica, datos oceanográficos.

ABSTRACT: Despite the importance of wind-generated waves (short-term waves) and tides (long-term waves) induced by astronomical factors, their measurements are extremely scarce particularly in the Araya underwater valley. Information collected at two marine stations was used to assess the behavior of these parameters in the region. It was concluded that in the drought season the average of the significant height of the waves is between 14.9 and 15.42 cm, the average period between 4.86 s and 5.16 s and the direction of the waves was stable with preponderance of the NE and little dispersion. In the rainy season the values respectively were: 9.58 cm - 9.99 cm, 4.34 s - 5.00 s and the direction quite dispersed. The tide is mainly daytime mixed with amplitude of up to 41 cm. The high tide or “filling” takes place in the early hours of the afternoon and the lowering or “emptying” in the hours of the night. The main constituents of harmonics are: three daytime (K1, O1, Q1), three semi-day (M2, S2, N2) and the monthly lunar component and fortnightly synodic lunisolar (Mm, Msf). These components contribute 78.32% of the tidal amplitude. This work together with two previous ones tries to respond to the behavior of atmospheric (wind) and marine dynamic parameters (currents, waves and tides) in the Araya underwater valley region in northeastern Venezuela.

Keywords: Caribbean Sea, sea level, oceanographic measurement, oceanographic data.

INTRODUCCIÓN

A pesar de ser las olas generadas por el viento y las mareas elementos importantes en los trabajos de ingeniería costera y en general para la economía del país, sus mediciones son extremadamente escasas. La ausencia de trabajos en publicaciones periódicas y mediciones instrumentales podría estar relacionada con la sensación de seguridad y protección que ofrece el arco antillano a las olas generadas sobre todo en la temporada de huracanes y la altura reducida que alcanzan las mareas.

El área del valle submarino de Araya está protegida de la incidencia de olas de largo periodo generadas fuera del mar Caribe y que penetran por los pasos de La Mona

(NW) y Anegada (NNW), así como las generadas dentro del Caribe y procedentes del NE por la Isla de Margarita y el arco Morro de Chacopata– Coche - Cubagua. Una segunda serie de obstáculos lo conforma el arco: Cabo Codera, La Tortuga, Margarita, Los Testigos, Isla Sola, Los Frailes y Tobago. Un tercer cinturón lo conforman las llamadas Islas de Sotavento compuesto por Aruba, Curazao, Bonaire, Aves de Barlovento y Sotavento, Los Roques, La Orchila y La Blanquilla. El cuarto cinturón de islas conformado por las Antillas menores (Islas de Barlovento) y las Antillas Mayores, ofrece protección a la penetración de olas desde el Atlántico producto de los huracanes que tienen lugar en el periodo de verano – otoño de cada año (de 1 jun a 30 nov). Además, el arco

antillano entorpece el avance de las ondas de marea, con lo que su amplitud se ve mermada en relación con las mareas del océano Atlántico contiguo.

Cuando las tormentas tropicales o eventuales huracanes se desplazan dentro del mar Caribe, su incidencia en la región del valle submarino es mayor. Así, pobladores de la zona de Guayacán reportan, que en ocasiones las marejadas penetran con dirección W – WNW y provocan inundaciones y “lavan la playa y el fondo” (C. SALAZAR & G. SALDADO, *com. pers.* 15/09/2009). Otras zonas de la costa como norte de la isla de Margarita y la península de Paraguaná se ven afectadas en mayor medida debido a la falta de protección natural a la acción de las olas.

Observaciones realizadas en el área de Carúpano, muestran que las olas significativas generadas localmente tienen dirección NNW – NE con alturas de 1,0 – 1,5 m. La propagación de estas olas en la región del valle submarino es interferida, como se dijo anteriormente por el arco Morro de Chacopata – Coche – Cubagua. Es de esperarse, que las olas generadas en el área del valle submarino de Araya mismo, por tener el viento un espacio limitado de acción para su desarrollo (OMM 1998), tengan una altura inferior a las detectadas fuera de la zona, por ejemplo, en la región de Carúpano.

El fenómeno de las mareas en Venezuela es uno de los parámetros que cuenta con cierta sistematización en su observación (oceanografía operacional) y en la región nororiental del país se localizan al menos tres de los siete mareógrafos oficiales, instalados en el país, dependientes del Instituto Geográfico Simón Bolívar.

Se tiene, que en el occidente del país predominan los componentes diurnos de la marea, hacia el este la importancia de los componentes semidiurnos aumenta hasta hacerse predominantes (ÁVILA *et al.* 1980). Estimaciones realizadas en una localidad cerca de Carúpano (KJERFVE 1981) mostraron el carácter mixto semidiurno de la marea, caracterizado por una desigualdad en las alturas sucesivas de las mareas, presentando alternadamente ciclos de grandes y de pequeñas amplitudes y fluctuar de diurna a semidiurna a lo largo del mes lunar.

Por tanto, debido a la escasa información sobre olas y mareas en la región nororiental del país, el presente trabajo evaluó el comportamiento de las ondas de corto periodo (olas) inducidas por el viento y largo periodo (mareas) inducidas por factores astronómicos (Fig. 1), a través de la descripción de la evolución estacional de los parámetros de las olas, así como la oscilación del nivel medio del mar en el área del valle submarino de Araya.

METODOLOGÍA

La información seleccionada para lograr el objetivo propuesto comprende parte de los períodos climáticos de la zona (TEREJOVA *et al.* 1998). La estación de sequía, correspondiente a los meses de enero a abril, que coincide con la surgencia regional observada en las costas venezolanas (QUINTERO & LODEIROS 1996) y la estación lluviosa que ocupa los meses que van de mayo a diciembre.

La información total recabada fue filtrada y se excluyeron los datos fuera del conjunto o fuera de orden

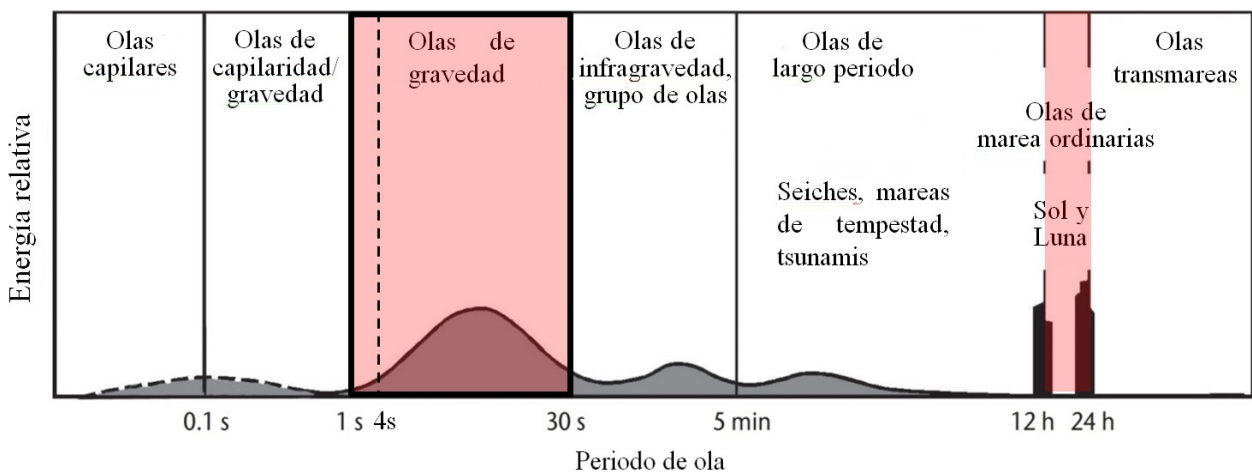


Fig. 1. Clasificación de las olas oceánicas por el periodo de la ola. Obtenido de OMM 1998

para el fenómeno observado. También se excluyeron los datos fuera de orden para la región y se corrigió la dirección con la declinación magnética (QUINTERO & TEREJOVA 2016). Una vez verificada la calidad de los datos, estos fueron tabulados. Para el análisis de la información recabada se empleó el “Método Descriptivo”, consistente en la adquisición de datos objetivos, precisos y sistemáticos que pueden usarse en la “Estadística Descriptiva”.

Además, con la información obtenida se estimaron los componentes de la marea allende a la localidad de Taguapire según la metodología propuesta por PAWLOWICZ *et al.* 2002 (*t₁ tide*), basada en los trabajos de GODIN (1972) y FOREMAN (1977, 1978) y los criterios de Courtier (BRACHO-MAGDALENO & DHN 1988) y Duvanin (VOROBEV & SMIRNOV 1999, MALIKOV 2010). En nuestro caso la serie de tiempo de la oscilación del nivel del mar fue de más de 41 días de observación correspondiente al periodo del 20/02/2011, 0900 h al 02/04/2011, 1100 h.

Mediciones Realizadas

La información de los parámetros marinos: olas (altura significativa, período y dirección) y mareas (oscilación del nivel medio del mar) se obtuvieron a

través de dos (2) correntómetros basados en el efecto doppler “ADP” de la firma SonTek de 1500 kHz, instalados en la Est. P₀₁ situada frente a la población de Taguapire, 10°38’39” Lat. N 64°00’47” Long. W y en la Est. P₀₂ localizada cerca de Morros de La Peña, 10°39’22” Lat. N 64°03’50” Long. W (Fig. 2).

En ambos casos los equipos estaban a profundidades de 13 m, alojados dentro de una caja metálica de protección. Las mediciones con frecuencia horaria se realizaron en las épocas de sequía (21/02/2011 – 31/03/2011) y lluvias (01/08/2011 – 30/09/2011).

Para la instalación de los equipos ADP, recolección de la información y reinstalación se empleó buceo autónomo. La localización de los equipos en las profundidades se realizó con ayuda de un localizador acústico “Sonotronic”, fundamental en estas aguas por cuanto la visibilidad en la profundidad de 13 m no superó el metro lineal. Además, para evitar el vandalismo o pérdida casual de los equipos por el trabajo intenso de la pesquería artesanal, se diseñó un mecanismo de protección consistente en un sistema de boyas con ganchos adosados.

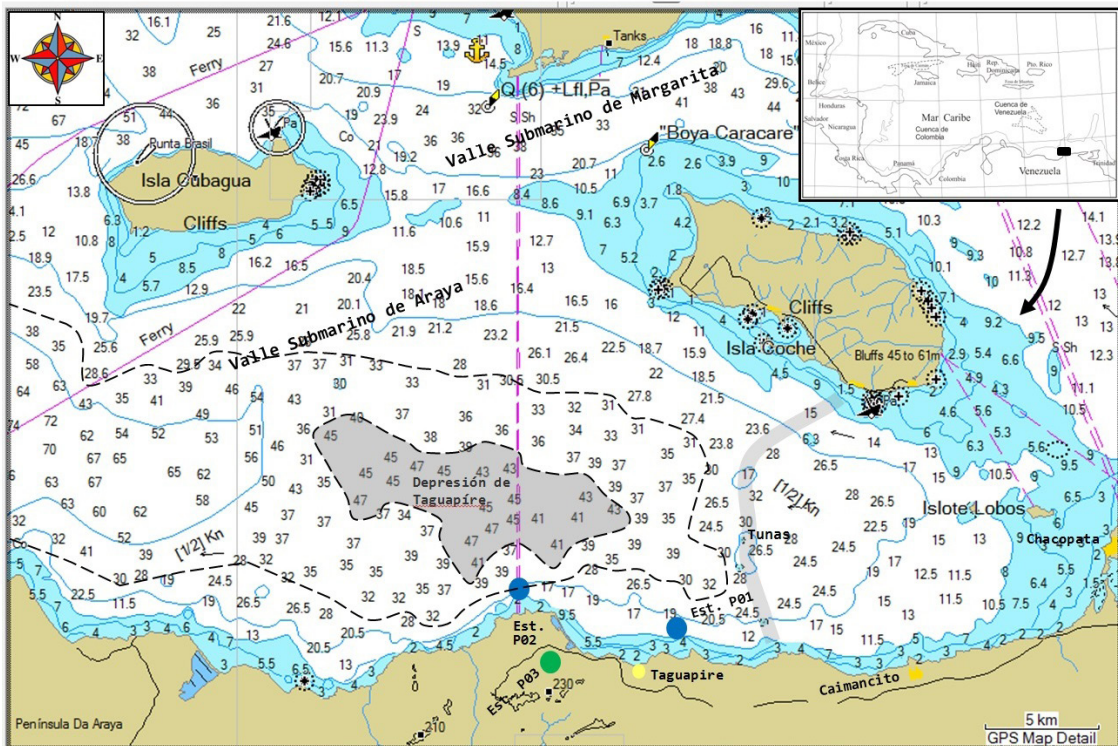


Fig. 2. Batimetría del valle submarino de Araya y ubicación de las estaciones de medición marinas () y terrestre (). Obtenido de Quintero & Terejova 2016.

Cabe destacar, que el equipo ADP no detectaba períodos de ola por debajo de 3,9 - 4,0 s, aunque claro está, ellas si existen en la gama del espectro de olas presentes en el valle submarino de Araya.

En la Est. P₀₃ (10° 38' 02,8" Lat. N, 64° 02' 57,7" Long. W, 35 msnm) situada frente a Pta. La Playa, fue instalada una estación meteorológica automática (EMA) Campbell modelo CR 1000. La información meteorológica recabada para el presente trabajo correspondió a los periodos de sequía (feb – mar 2011) y lluvias (ago – sep 2011) y consistió en observaciones horarias de la velocidad y dirección del viento (QUINTERO & TEREJOVA 2016).

En la Est. P₀₁ se realizaron observaciones puntuales del oleaje durante tres días (18/08/2011 – 20/08/2011), en horas de la mañana y la tarde por períodos de 18 minutos. Las observaciones se hicieron con ayuda de una regla de mareas preparada para el caso e instalada en el sitio de la estación (Fig. 3). Así mismo se grabó el proceso de oscilación de la superficie (olas) con una cámara filmadora Sony situada sobre la regla misma.

A la par de las mediciones y observaciones realizadas en las estaciones señaladas, también se emplearon imágenes del satélite GOES (NOAA 2013a) y productos del programa Reanálisis NCEP/NCAR (NOAA 2013b).

La Información batimétrica necesaria para la instalación de los equipos marinos, se obtuvo a través de las cartas marinas generadas por la Armada de Venezuela y compiladas en el programa “Blue Chart” de GARMIN (GARMIN 2007). De igual manera, se empleó una ecosonda portátil Valeport modelo Midas Surveyor de 210 kHz y un localizador GPS Magellan modelo Map 330 para el posicionamiento de las estaciones.

Altura Significativa de las Olas

Para describir correctamente el estado del mar, las condiciones deberán ser estadísticamente estacionarias durante el período de muestreo con un equipo de registro continuo como el ADP-1500 de SonTeck. De allí la importancia de la elección óptima de la duración de los registros. En la práctica, los campos de olas suelen evolucionar y para reducir la dispersión estadística, el registro de olas debe contener el mayor número de estas en torno a la línea media. El período óptimo durante el cual se acostumbra medir las olas es de 15 - 35 minutos, tiempo que se adapta razonablemente a ambas condiciones (OMM, 1998). En las estaciones de

estudio, la cadencia de muestreo fue de 1 muestra por segundo (1Hz) y el período de observación cada hora fue de 1024 segundos, es decir, 17,07 minutos. En este periodo se registraron altura y período de las olas, así como la dirección de su procedencia.

Es necesario tener en cuenta, que la altura de las olas registrada por los equipos ADP, se refiere a “La Altura Significativa de las Olas” y se denota frecuentemente como “Hs”. Esta es una medida estadística, empleada comúnmente para indicar aproximadamente la altura media de las olas determinada por un observador entrenado. Debe tenerse en cuenta que la máxima altura de una ola individual será mayor a la altura significativa (Hs).

La altura máxima de las olas correspondientes a una secuencia de N olas de las que conocemos Hs (OMM 1998) se calcula de manera conservadora por la siguiente ecuación:

$$H_{max} = Hs \, 0,5 \ln \sqrt{1,45 N} \quad (1)$$

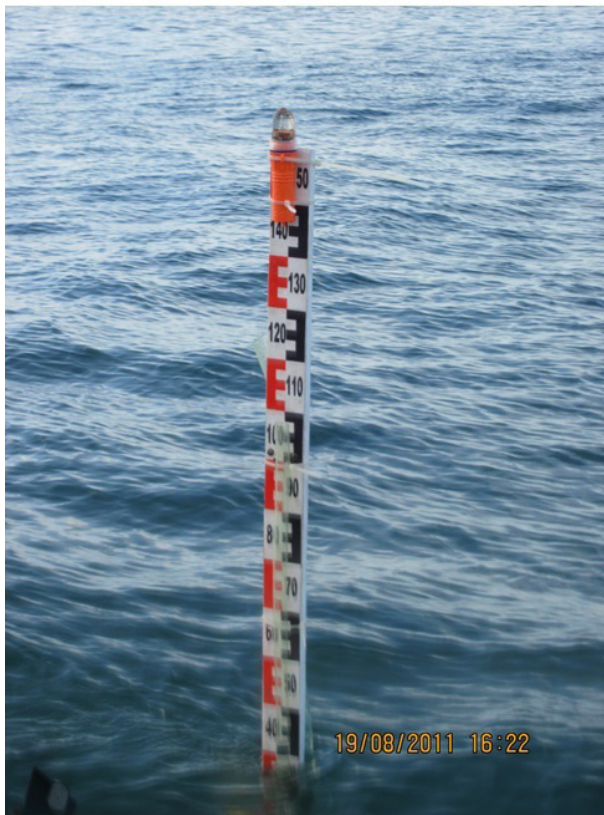


Fig. 3. Observación puntual del oleaje en la Est. P₀₁ de la región de Taguapire.

Otras fórmulas que se pueden emplear son:

$$H_{max} = H_s \sqrt{0,5 \ln N} \quad (2);$$

$$H_s = 2,0 H_{\zeta} \cong 1,9 H_{mo} \quad (3);$$

$$H_m = 1,05 H_s \quad (4)$$

Componentes armónicos de las Mareas

Las componentes en el análisis armónico de la marea, supone que la forma de la curva de la oscilación del nivel del mar es igual a la suma de una serie de componentes armónicos de determinado periodo, relacionados con los movimientos de la Luna, la Tierra y el Sol. Es decir, las variaciones de nivel del mar pueden ser descritas en función de un número finito de curvas (contribuciones armónicas) de la forma:

$$Z_0 + \sum_{k=1}^n A_k \cos(\sigma_k t - a_k) \quad (5)$$

Dónde: Z_0 es el nivel medio del mar; σ_k - Frecuencia angular del armónico k . Estas frecuencias no tienen valores aleatorios, sino que vienen determinadas por los ciclos de las fuerzas astronómicas que dan origen a las mareas; n - Número de componentes armónicos significantes o resolubles; A_k , a_k - Amplitud y desfase de la componente k en el punto geográfico considerado, a determinar en el análisis armónico.

Los armónicos se dividen principalmente en diurnos y semidiurnos. Los principales componentes semidiurnos, son M2 y S2 y los principales componentes diurnos son K1 y O1. La importancia relativa de los constituyentes diurnos y semidiurnos se expresa por el *factor de forma "F"*, cociente entre la suma de las amplitudes de los armónicos principales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estado del Mar (oleaje)

Condiciones Generales del Área

Antes de pasar a las observaciones y análisis del oleaje registrado en las dos estaciones de observación marina en el valle submarino de Araya, consideraremos una visión "sinóptica" de sus parámetros. Así, los valores

tanto de la altura significativa como del periodo, en la región al sur de la isla de Margarita son realmente bajos, en comparación con las demás zonas del mar Caribe y zona atlántica adyacente (Fig. 4). La altura significativa es inferior a 0,5 m y el periodo de alrededor de 4 s. En todos los casos se logra ver valores disminuidos para los sitios relativamente someros y cercanos a las costas continentales, así como del lado de sotavento por el efecto de barrera que ofrecen las Antillas Mayores y Menores.

La dirección de las olas en el mar Caribe durante el periodo de observación osciló entre el NE y el E. Este oleaje se relaciona con la circulación atmosférica obedeciendo la interacción del anticiclón de las Azores y la Convergencia Intertropical. La altura significativa no sobrepasa 1 m en las zonas adyacentes a las costas. Los mayores oleajes se sitúan hacia el centro del mar, en dirección NE - SW y E - W.

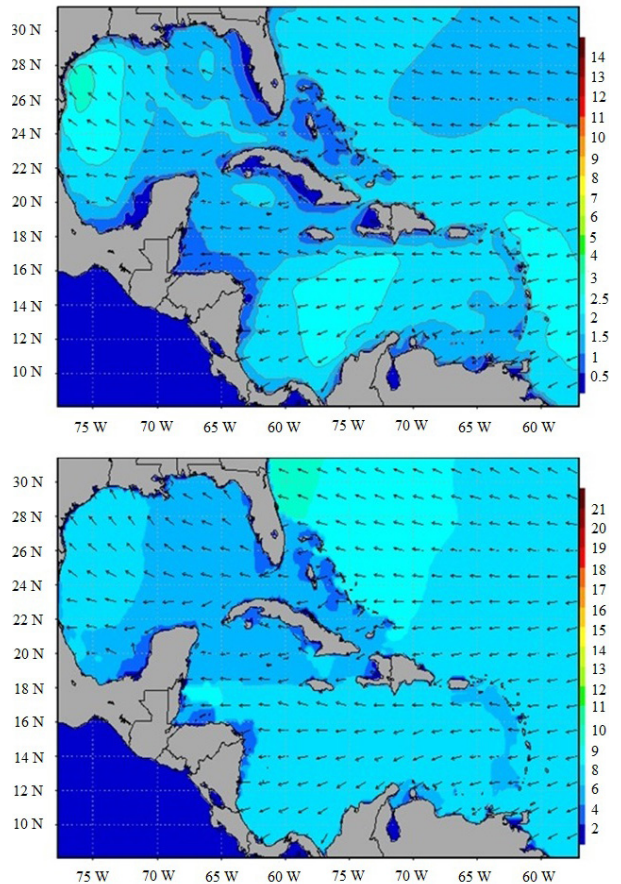


Fig. 4. Altura significativa "Hs" y periodo "t" de las olas para el 21/11/2011 en la región del Caribe. Obtenido de NOAA 2013b.

Condiciones Puntuales del sitio

Altura Significativa de las olas

El comportamiento del oleaje en la zona del valle submarino de Araya se caracteriza por la altura significativa “Hs” y período de las olas “T”, así como la dirección (procedencia, de donde “vienen” las olas).

Para la estación de sequía, cuando se intensifican los vientos alisios, en la Est. P₀₁, el promedio de la altura significativa de las olas fue 15,42 cm. Sobre este promedio destacaron valores por encima a finales de los meses de febrero y marzo.

La altura máxima alcanzada por las olas “H_{max}”, se consideró el doble de la altura significativa Hs calculada por la fórmula (3). En nuestro caso, para finales del mes de febrero sobresalieron dos máximos de altura significativa: el 24/02/2011 con 35,1cm (H_{max}=70,2 cm) y el 27/02/2011 con 37,5 cm (H_{max}=75,0 cm). Finalizando el mes de marzo se registró un nuevo aumento del oleaje y el 30/03/2011 alcanzó un pico de 33,6 cm (H_{msx}=67,2 cm). En el resto del período los picos no superaron los 30 cm, es decir, no se registraron olas mayores a 60 cm de altura máxima (1). En la Est. P₀₂ la altura significativa promedio fue de 14,9 cm y presentó una estructura similar a la descrita para la Est. P₀₁: mayor oleaje a finales de los meses de febrero y marzo, con un intervalo de calma del mar que ocupó prácticamente las tres primeras semanas de marzo y en el que las olas no superaron los 32 cm.

Los picos de oleaje se registraron los días 24/02/2011 con 32,3 cm (H_{max}=64,6 cm) y el 27/03/2011 con 37,0 cm (H_{max}=74,0 cm). Para finales de marzo después de un prolongado período de calma

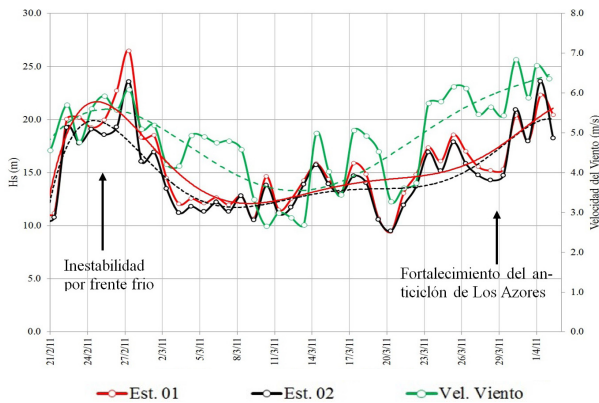


Fig. 5. Variación de la altura significativa “Hs” de las olas y la velocidad del viento en la estación de sequía.

del mar se observaron dos periodos de turbulencia: el 25/03/2011 cuando la altura significativa alcanza 33,4 cm (H_{max}=66,8 cm) y el 30/03/2011 con el valor máximo registrado para el periodo de 39,9 cm de altura significativa (H_{max}=79,8 cm).

Al comparar las series de ambas estaciones es indudable su similitud en la forma y tiempo de registro de los máximos oleajes, lo que nos lleva a pensar igualmente en la similitud de los campos que provocan el oleaje en la zona (Fig. 5). Recordemos, que a finales del mes de febrero se formó una inestabilidad atmosférica causada por los restos de un frente frío en el mar Caribe y una vaguada en la tropósfera alineados ambos con las costas de Venezuela y la región nororiental en particular. Mientras que finalizando el mes de marzo se fortaleció el anticiclón de los Azores y los alisios fueron persistentes y fuertes.

En la estación lluviosa la altura significativa disminuyó, relacionada indudablemente con la disminución de la velocidad del viento para esta época. Así, en la Est. P₀₁ el promedio de la altura significativa bajó a 9,99 cm, mientras que en la Est. P₀₂ disminuyó a 9,58 cm.

Los registros horarios en la Est. P₀₁ mostraron un comportamiento alterado, pero agrupados en altibajos sucesivos, dentro de los cuales destacó el mes de septiembre, conformado este por dos “crestas”, las mayores alturas significativas registradas y que correspondieron a olas de más de medio metro de altura máxima. La primera hacia el 15/09/2011 (38,2 cm) y el 23/09/2011 (26,7 cm). Los valores bajos de “valles” pronunciados se registraron el 02/09/2011 (5,8 cm), el 13/09/2011 (5,0 cm) y el 29/09/2011 (4,0 cm). Esos días, la apariencia de la superficie del mar era la de “un plato” y se concluye que fueron de calma generalizada en todo el área del valle submarino de Araya. La mayor altura significativa en la Est. P₀₂ se registró el 23/08/11 con un valor de 49,1 cm (H_{max}=98,2 cm). En esta estación al igual que en la Est. P₀₁ se sucedieron grupos de días con mayor y menor oleaje. En los días de oleaje reducido destacó el período del 27/09/2011 al 30/09/2011.

El coeficiente de correlación entre los valores diarios de la altura significativa en la Est. P₀₁ y la velocidad del viento fue igual a r_{vien-Est.01} = 0,64 y en la Est. P₀₂ de r_{vien-Est.02} = 0,55, mientras que la correlación de la altura significativa entre ambas estaciones resultó aún mayor r_{Est.01-Est.02} = 0,87. Sin embargo, cuando se correlacionó

la velocidad del viento con la altura significativa de las olas que tuvo lugar tres horas después del accionar del primero (correlación asincrónica) en la Est. P₀₁, el coeficiente alcanzó el valor de $r_{\text{vien-P01, t=3}} = 0,91$ el día 23/09/2011. En la Est. P₀₂ el coeficiente de correlación mostró el mayor valor el 22/09/2011 $r_{\text{vien-P02, t=6}} = 0,93$ en las siguientes seis horas después de actuar del viento.

En general, la acción del viento y la reacción de la superficie del mar pueden tener retardos hasta de seis horas. Esto apunta, a que la acción del viento y la reacción de la superficie del mar es mucho más compleja, que un simple mecanismo de “acción y reacción“, por lo que es conveniente en el futuro considerar, además de la velocidad del viento, el intervalo de tiempo durante el cual actúa sin variaciones significativas en la velocidad ($\pm 2,0$ m/s) y la dirección ($\pm 25^\circ$) del viento y el espacio de superficie de mar (en millas o kilómetros lineales) en la que actúa “*fetch*”(EGOROV 1974; BERNOT 2006). Igualmente es necesario tener en cuenta los procesos de reflexión y refracción de las olas en esta región. En ocasiones el estado del mar en el valle submarino de Araya, parece mas inclemente de lo que es en realidad y da la sensación que las olas provienen de todos lados.

Para verificar la certeza de las mediciones realizadas, fue instalada una regla para medición de olas dotada con una filmadora adosada (Fig. 3). En la grabación correspondiente al día 19/08/2011 entre las 09:59 y 10:14 horas, se apreció que la amplitud de las olas no sobrepasó los 80 cm. Con este material se demostró plenamente que la naturaleza del oleaje de la zona del valle submarino de Araya corresponde a un mar de grado 3 en la escala de Douglas (SOHMA 2017), que comprende olas entre 0,2 m y 0,5 m, que se rompen formando frecuentes borreguillos.

Período de las olas

En la estación seca, el promedio del período (t) de las olas, en la Est. P₀₁ fue de $t = 5,16$ s y el máximo se registró el 21/02/2011 a las 0400 h con un valor de 15,3 s. En la Est. P₀₂ el periodo de la ola promedio fue $t = 4,86$ s y el máximo de 15,9 s se observó el 04/03/2011 a la misma hora (0400 h). En general, el comportamiento de este parámetro es similar en ambas estaciones, aunque en la Est. P₀₂ ocurrió una mayor cantidad de “picos” con periodos relativamente mayores. Es necesario destacar y tal como se señaló anteriormente, los periodos inferiores a 4,0 s no se medían con los equipos empleados.

Hay ciertos registros que no se “ven” simultáneamente en ambas estaciones, por ejemplo, los máximos de periodo del 08/03/2011 de la Est. P₀₁ no se “observaron” en la Est. P₀₂. Igualmente los picos del 23/02/2011 y del 04/03/2011 en la Est. P₀₂ no se registraron en la Est. P₀₁.

Al comparar los máximos períodos del oleaje con las alturas no encontramos correspondencia, pues la correlación entre ambas series fue $r_{\text{Hs,t}} = 0,09$. Lo anterior podría ser indicativo de que, incluso las olas con períodos mayores se pueden formar en el valle submarino de Araya. Sin embargo, esta hipótesis debe ser sustentada. Se puede esperar, que olas con períodos largos y alturas superiores a los registrados necesariamente deben generarse fuera del área y tener dirección del oeste – noroeste (desde La Tortuga).

Para la época de lluvias en el valle submarino de Araya, encontramos una disminución del período del oleaje, relacionado indudablemente con la disminución en la velocidad de los vientos Alisios durante esta época del año. Así, en la Est. P₀₁ el período de las olas fue de 5,00 s y en la Est. P₀₂ de 4,34 s. El valor máximo del periodo en la Est. P₀₁ fue igual a 13,9 s y se registró el 03/09/2011 (1000 h) mientras que en la Est. P₀₂ este resultó inferior (12,9 s) ocurrió el 04/09/2011 a las 0900 h. En los registros de la Est. P₀₂ la cantidad de picos no fue tan pronunciada como en la Est. P₀₁, registrándose los mayores valores del período en los primeros días de septiembre.

La evaluación conjunta de la velocidad del viento y el periodo en la Est. P₀₁, empleando la media móvil de 24 horas para filtrar las oscilaciones de alta frecuencia mostró, que cuando las velocidades alcanzadas por el viento son relativamente considerables, los períodos disminuyen, y cuando la velocidad del viento disminuye, los períodos tienden a aumentar. El ejemplo más claro de esta afirmación tuvo lugar el día 22/08/2011.

Dirección de las olas

La dirección de las olas en la estación de sequía tuvo poca dispersión, así en la Est. P₀₁ el 54,81% del total provinieron del NE, el 16,56% de los casos del ENE y 9,08% del NNE. Estas tres direcciones acapararon el 80,45% de los casos. Los restantes 13 rumbos concentraron sólo 19,55%. En la Est. P₀₂ se registró un leve giro a la derecha y la mayor cantidad de oleaje tuvo dirección del ENE 48,08%, seguidos del NE con un 17,84% y del E con el 15,38% (81,30%). Aun cuando

la distribución del oleaje en las estaciones evaluadas fue similar, en la Est. P₀₁ se mostró algo más dispersa.

En la estación lluviosa cuando aminoraron los vientos alisios, la dirección de procedencia de las olas fue bastante dispersa en comparación con la temporada seca. Así, en la Est. P₀₁ las direcciones preponderantes sumaron el 47,93% de los casos, distribuidos de la siguiente manera: 20,30% del ENE, 14,30% del E y 13,33% del NE. En la Est. P₀₂ la dispersión fue mayor y las direcciones principales (NE-ENE-E) sólo englobaron el 29,30% del total (NE=9,12%, ENE=13,20%, E=6,98%).

Variación diaria de las olas.

La variación diaria de la altura significativa de las olas “Hs”, a pesar de tener altibajos, se pudo apreciar un máximo y un mínimo, un aumento continuo desde horas de la mañana hasta el final de la tarde y luego una disminución hasta primeras horas de la mañana del siguiente día. Así, en el período seco del año, en la Est. P₀₁ (Fig. 6) la mayor altura promedia de 17,4 cm se registró a las 1900 h, mientras que en la Est. P₀₂ esta fue de 16,7 cm observándose a la misma hora. La menor altura en la Est. P₀₁ tuvo lugar cerca de las 1000 h de la mañana (14,3 cm) y en la Est. P₀₂ a las 1100 h (14,1 cm).

El período de las olas en ambas estaciones alcanzó su mayor valor (5,5 s) en horas de la madrugada (0500 h) en la Est. P₀₁ y a las 0400 h en la Est. P₀₂. Mientras los menores períodos de 4,7 s y 4,5 s en las estaciones P₀₁ y P₀₂ se registraron a las 2200 h y 2000 h respectivamente.

En la temporada de lluvias se mantuvo la misma estructura que para la estación seca. El valor más alto de

la altura significativa en la Est. P₀₁ fue de 11,29 cm y en la Est. P₀₂ 11,19 cm registrados ambos valores a las 2100 h. Luego disminuyó sostenidamente hasta alcanzar 9,20 cm a las 1100 h en la Est. P₀₁ y 8,67 cm a las 0700 h de la mañana en la Est. P₀₂.

La distribución diaria del período de las olas tuvo un carácter más complicado que en la estación seca. A grosso modo, el máximo periodo se registró a las 0800 h de la mañana en ambas estaciones siendo los valores 5,28 s (Est. P₀₁) y 4,65 s (Est. P₀₂), mientras que los menores valores de 4,80 s y 4,25 s se alcanzaron en horas de la noche (0000 h) y tarde (1800 h) en las estaciones P₀₁ y P₀₂ respectivamente.

Los mayores períodos estarían relacionados con una mayor tranquilidad de la superficie del agua (menor actividad del viento) y de una mayor penetración de ondas generadas fuera del valle submarino de Araya. Mientras que la disminución del período se relacionaría con una mayor generación de ondas dentro del valle submarino producto de la intensificación del viento y que por su número solaparon las ondas largas.

La variación de la dirección de las olas para el período de sequía tuvo la siguiente distribución: en la Est. P₀₁ la mayor cantidad de olas provino del ENE (54,17%) y en mucho menor proporción del NE (19,66%), mientras que la dirección del E apenas representó un 6,84%. En la Est. P₀₂, predominaron las olas provenientes del ENE (35,68%) y del E (34,94%), seguidos por las del ESE (9,94%).

En relación a la variación diaria de la dirección del oleaje (Est. P₀₁) pudimos apreciar una ligera fluctuación en las direcciones del ENE (de 66,67% a las 0900 h a 48,72% a las 2100 h) y del NE (de 25,64% a las 1200 h a 12,82% a las 1800 h). La variación diaria en la Est. P₀₁ estuvo caracterizada por la alternancia de las dos direcciones que prevalecieron en el transcurso del día. El mayor número de olas con dirección ENE (43,59%) se registró a las 0000 h y el menor valor de 30,77% a las 0900 h. Las olas provenientes del E registraron un mínimo a las 0000 h (28,21%) alcanzando un máximo a las 0900 h de la mañana (46,15%).

En la estación lluviosa, cuando disminuyó la intensidad de los alisios y estos perdieron algo de estabilidad, la dirección del oleaje no fue tan unidireccional como en la estación seca. Así, en la Est. P₀₁ el 56,91% de las olas registradas provino desde

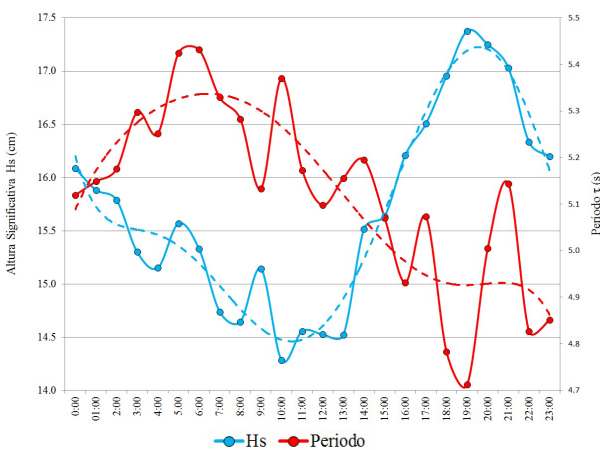


Fig. 6. Variación diaria en la Est. P01 de la altura máxima (arriba) período (abajo) en la estación de sequía.

cuatro direcciones NE-ENE-E-ESE (NE=13,33%, ENE=20,30%, E=14,30% y ESE=8,98%). Dentro del porcentaje correspondiente a los restantes 12 rumbos, se destacaron sobre manera los del componente S y en menor medida del NW (Fig. 7).

En el transcurso del día, esas direcciones alcanzaron la mayor frecuencia de 65,00% en horas de la tarde (1500 h), mientras que el menor porcentaje de 45,01% se registró al mediodía.

En la Est. P₀₂ se apreció la preponderancia de dos grupos de direcciones: NE-ENE-E con el 32,99% de la frecuencia total y WSW-SW-SSW con el 32,17%. Las restantes 10 direcciones representaron el otro tercio de la dispersión de la dirección de las olas (34,84%). Esta distribución bimodal en la dirección de las olas tuvo su origen en los procesos de refracción y reflexión, por el efecto de la costa que dista del sitio de observación escasos 775 m.

La variación diaria de la dirección del oleaje fue una alternancia de las direcciones del noreste y suroeste con las demás direcciones. Mientras que la mayor suma de las olas NE-ENE-E se registró en horas del mediodía (1200 h) y la menor a las 1500 h, la incidencia de olas con direcciones SSW-SW-WSW fue contraria, mayor a las 1500 h (42,62%) y menor en horas del mediodía (36,07%).

Oscilación del Nivel Medio del Mar

En la región del valle submarino de Araya, la oscilación del nivel medio del mar alcanzó las mayores alturas en la madrugada y en horas de la mañana, mientras que las menores se registraron entre la tarde y la noche. Durante todo el tiempo de observaciones la oscilación del nivel medio del mar no superó un metro. En contraste, en el golfo de Paria, las oscilaciones van desde 1,20 m en Macuro a 2,50 m en el engolfamiento de Turuépano y en algunos casos se habla hasta de 3,20 m (Fig. 8).

En el período de la estación seca, la oscilación del nivel del mar en la Est. P₀₁ exhibió un carácter semidiurno mixto y el nivel medio del mar resultó igual a 12,826 m. La mayor marea, también llamada “viva” o de “sicigia” fue registrada el 23/03/2011 cuatro días después de la luna nueva (LUNARPHASE 2013) a las 0300 h de la mañana y alcanzó 13,106 m (+28,2 cm) sobre el nivel medio. Durante esos días hubo preponderancia de mareas diurnas, es decir, se observó una sola pleamar y un sólo bajamar. La menor altura del nivel medio o bajamar se registró durante el cuarto menguante el 26/03/2011 a las 1500 h y alcanzó 12,575 m (-25,1 cm). Este período se caracterizó por el predominio de las mareas semidiurnas.

En la Est. P₀₂ ubicada aproximadamente a 6 km, la marea presentó el mismo carácter semidiurno mixto y

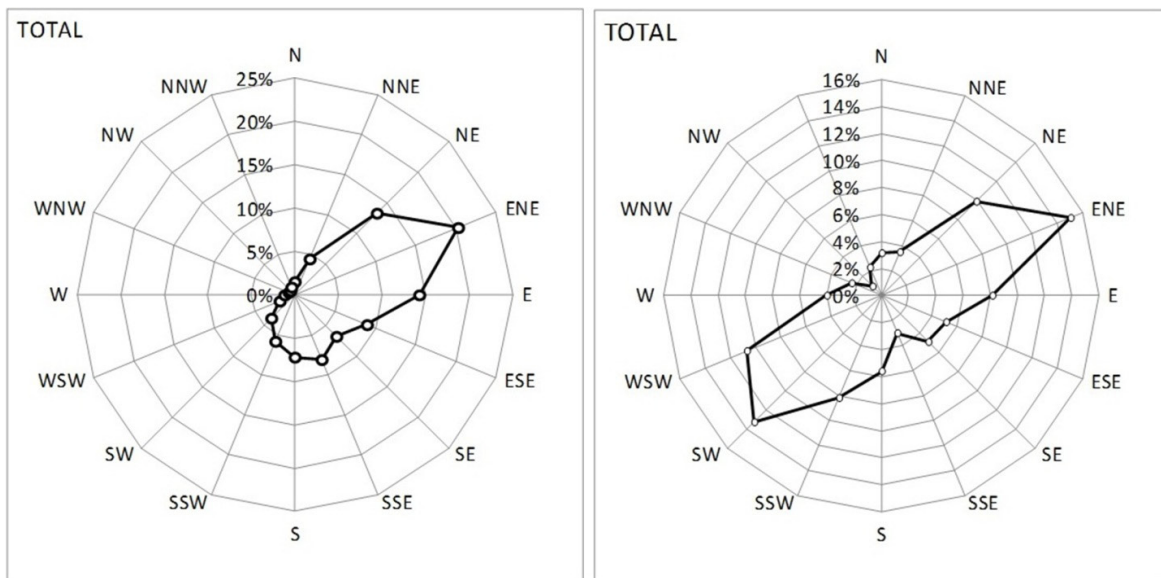


Fig. 7. Rosa del oleaje en la estación lluviosa en la Est. P₀₁ y en la Est. P₀₂.

repitió las oscilaciones de la Est. P₀₁. El nivel medio del mar en este sitio de observación fue de 12,662 m (Fig. 9). La mayor marea observada se registró también el 23/03/2011 a las 0300 h y alcanzó 12,935 m, algo inferior (+27,3 cm) que en la Est. P₀₁. La marea más baja de 12,407 m (-25,5 cm) se observó en la misma fecha que la Est. P₀₁, el 26/03/2011 a las 1500 h de la tarde.

La amplitud de la marea de ambas estaciones mostraron valores cercanos: 53,6 cm en la Est. P₀₁ y 52,8 cm en la Est. P₀₂. Esta oscilación no fue significativa, si la comparamos, como ya mencionamos anteriormente, con las mareas del golfo de Paria. En contraste con esas amplitudes, el día 07/03/2011 en la Est. P₀₁ tuvo lugar una marea semidiurna con una amplitud de sólo 13,5 cm. En la pleamar la altura fue de +9,7 cm y la bajamar -3,8 cm. Mientras que en la Est. P₀₂ para ese mismo día se registró la menor amplitud de 16,0 cm (+9,0 cm en pleamar y -7,0 cm en bajamar).

En la temporada de lluvias en el valle submarino de Araya, el nivel medio del mar en la Est. P₀₁ resultó igual a 13,079 m. La mayor marea en el mes de agosto



Fig. 8. Pleamar y bajamar en la población de Guariquén (Edo. Sucre – Venezuela)

se registró el 25/08/2011, tres días después de la luna cuarto menguante, a las 2300 h con 13,440 m (+36,1 cm) y en septiembre el 30/09/2011, tres días después de luna nueva marcó 13,322m (+24,3 cm) a las 1600 h. Durante esos días hubo preponderancia de mareas diurnas. La menor altura en el mes de agosto se registró el 11/08/2011 a las 0700 h de la mañana con 12,825 m (-25,4 cm), cinco días después del cuarto creciente de luna, y en el mes de septiembre el nivel más bajo de 12,855 m (-22,4 cm) fue observado el 19/09/2011 a las 0600 h, siete días después de la luna llena.

La Est. P₀₂ el nivel medio del mar resultó igual a 12,493 m. La mayor marea de agosto fue observada el 25/08/2011, tres días después del cuarto menguante de luna, a las 2300 h marcando +0,359 m. En septiembre la mayor marea (+27,3 cm) se registró el 30/09/2011, tres días después de luna nueva, a las 1600 h. La menor altura en el mes de agosto de 12,219 m (-27,8 cm) tuvo lugar el 09/08/2011, un día después del cuarto creciente, a las 0700 h de la mañana y en septiembre se registró el 06/09/2011 a las 0500 h 12,866 m (-18,2 cm), dos días después del cuarto creciente.

En la temporada de la estación lluviosa las mayores mareas se observaron en los períodos del tránsito de la luna nueva o llena y alcanzaron amplitudes de 61,5 cm en la Est. P₀₁ y 63,7 cm en la Est. P₀₂. Las menores mareas se registraron en los períodos del paso de la luna por el cuarto menguante o creciente presentando una amplitud de 25,1 cm en la Est. P₀₁ y 22,4 cm en la Est. P₀₂.

Variación Diaria del Nivel Medio del Mar

En la estación de sequía, la variación diaria de la

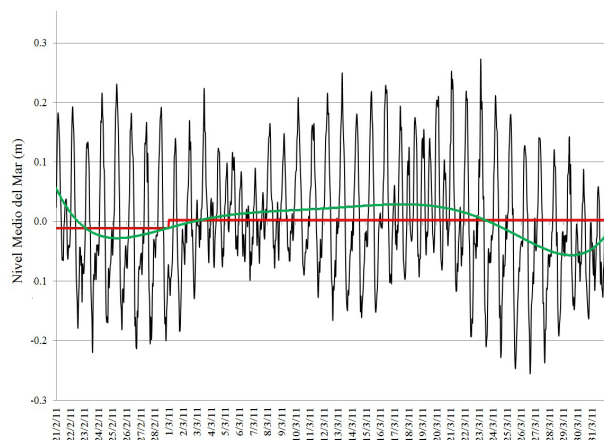


Fig. 9. Oscilación del nivel medio del mar en la Est. P02 durante la estación de sequía.

oscilación del nivel medio del mar mostró un máximo y un mínimo, solapando así la variación semidiurna mixta (Fig. 10). La amplitud de la marea en ambas estaciones fue similar (16,9 cm para Est. P₀₁ y 16,7 cm para Est. P₀₂).

En general, para las series de ambas estaciones se pudo apreciar, que el mayor nivel del mar se observó a tempranas horas de la mañana (después de las 0600 h) marcando +7,7 cm en la Est. P₀₁ y +7,6 cm en la Est. P₀₂. La menor altura fue registrada al finalizar la tarde entre las 1700 h y 1800 h presentando el mismo valor de -9,1 cm en ambas estaciones.

Durante la estación lluviosa, cuando aminoran los vientos, en la Est. P₀₁ el máximo se observó a las 2300 h con un promedio de 7,1 cm y un mínimo de -9,8 cm a las 0700 h de la mañana.

En ambas estaciones en el transcurso del día, durante 14 horas continuas (de las 0700 h de la mañana hasta las 2300 h) el aumento del nivel del mar fue lento, mientras que el descenso resulto más intenso y duró 8 horas (2300 h - 0700 h).

El comportamiento diario del nivel del mar presentó variaciones de mes a mes. Así, en la Est. P₀₁, en agosto, el máximo acaeció a las 2300 h (10,1 cm), y el mínimo a las 0700 h de la mañana (-9,7 cm). En el mes de septiembre el máximo se registró en promedio a las 1800 h (6,5 cm) y el mínimo retrocedió a las 0600 h (-10,8 cm). En la Est. P₀₂ se mantuvo la misma estructura señalada para P₀₁. Sin embargo, el máximo en agosto tuvo lugar a las 2200 h (8,6 cm) y el mínimo ocurrió a las 0700 h (-11,0 cm), mientras que en septiembre el máximo y el mínimo fueron observados a las 1700 h (8,0 cm) y 0500 h (-8,8 cm) respectivamente.

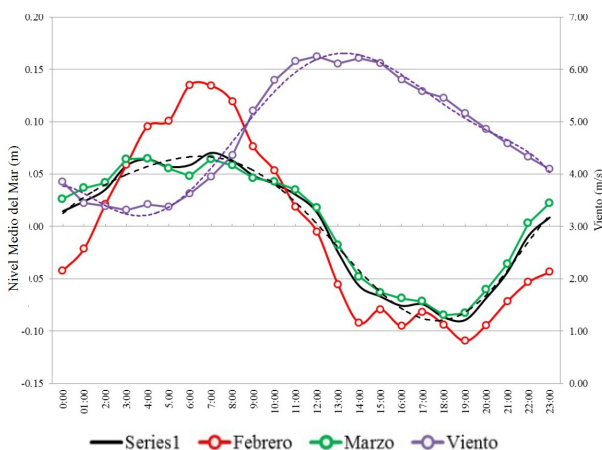


Fig. 10. Variación diaria del nivel del mar en la Est. P01 en la estación de sequía.

En el período de sequía la mayor velocidad del viento se registró a las 1300 h (6,3 m/s) y la menor se alcanzó en horas de la madrugada (0400 h) cuando disminuyó a 3,2 m/s. En el período de lluvias la mayor velocidad se observó a las 1400 h con 5,1 m/s y la menor a las 0600 h con 1,9 m/s.

La elevación del nivel del mar producto de las mareas es aproximadamente contraria al esfuerzo del viento (Fig. 10), ambos efectos se contrarrestan y la oscilación del nivel medio del mar se ve algo disminuida. Caso contrario y en casos extremos, cuando ambos efectos se complementan, pueden conducir a inundaciones en la costa.

Ambos fenómenos, las olas impulsadas por el viento y las mareas generadas por la atracción gravitacional, están estrechamente relacionadas en las llamadas “Marea de Tormenta” o marejada ciclónica. En las que el viento asociado con sistemas atmosféricos de baja presión (normalmente, con un ciclón tropical o huracán) causa que nivel del mar se eleve por encima de lo normal. Si este evento coincide con mareas vivas o sicigias, puede acarrear consecuencias (Fig. 11).

Pequeñas oscilaciones del Nivel Medio del mar

En las oscilaciones del nivel medio del mar se hace caso omiso a pequeñas variaciones de unos pocos centímetros que ocurren con frecuencia en horas de la madrugada y a primeras horas de la tarde (Fig. 12).

Estas oscilaciones si bien es cierto que son mínimas (2 – 6 cm) y su aporte pudiese ser considerado poco significativo, representa una curiosidad, ya que fluctuaciones de ese tipo también se observaron en la información reportada por el mareógrafo de Carúpano. Se observan con frecuencia en el período de transición entre la bajamar y la pleamar y pudieran estar relacionadas con las “brisas de tierra” (QUINTERO & TEREJOVA 2010) y/o la acción discontinua “pulsante” del viento sobre la masa de agua.

Componentes Armónicos de la Marea

La serie de tiempo evaluada de la región del valle submarino de Araya (TABLA 2) permitió extraer 35 componentes armónicos de la marea (t_{tide}) de los cuales solo 8 alcanzan una amplitud algo mayor a 1 cm (Fig. 13). La contribución de las restantes 27 está por debajo de 0,92 cm, la suma de las cuales conforma 8,67 cm. La suma de las armónicas principales fue de 31,32 cm, es decir, contribuyen con el 78,32% de la amplitud

de la marea en el sitio señalado. El análisis espectral de las series mostró que las armónicas significativas se centran en las frecuencias bajas de 28 – 15 días (Mm, Msf), 1 día (K_1 , O_1 , Q_1) y medio día (M_2 , N_2 , S_2).

Los constituyentes diurnos y semidiurnos de la marea expresados en términos de “factor de forma” adimensional F (TABLA 1), como el cociente entre suma de componentes diurnos y se

midurnos en los criterios de Courtier y Duvinan son iguales a 1,72 y 2,11 respectivamente. En ambos casos la marea se califica como mixta preponderantemente diurna (TABLA 3), y eventualmente aumenta la influencia de los componentes semidiurnos hacia el este (Carúpano), lo que coincide con lo expresado por REDFIELD (1961), ÁVILA *et al.* (1980), KJERFVE (1981), HERRERA *et al.* 1981, PELIGRÍ & ÁVILA (1986).

Los componentes armónicos de la marea que más afectan las fluctuaciones del nivel del mar en la zona

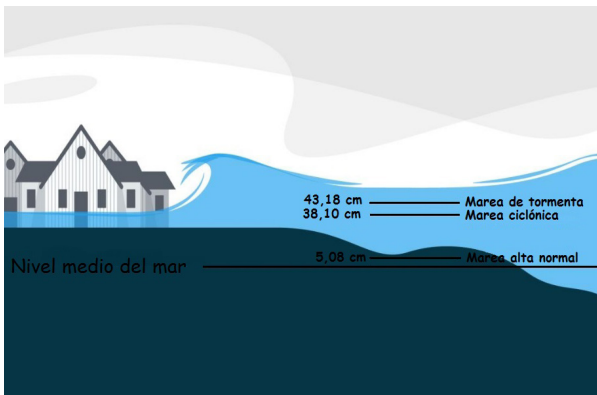


Fig. 11. Esquema de acción de la Marea de Tormenta. Oobtenido de Univision 2018.

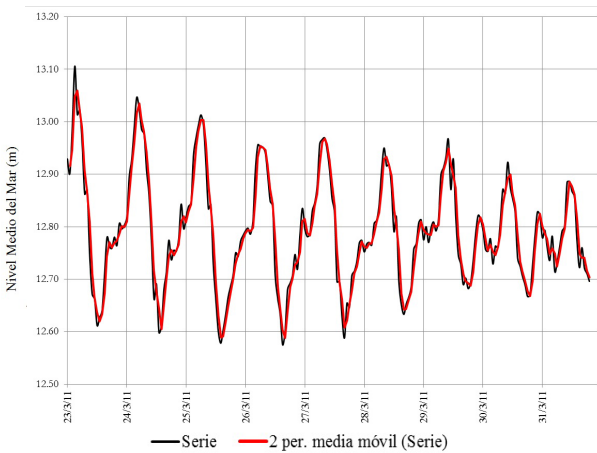


Fig. 12. Mareograma de la Est. P01

de Taguapire en el valle submarino de Araya, son los componentes diurnos K_1 (lunisolar de declinación diurna) y O_1 (lunar de declinación diurna). Estas componentes tienen un gran efecto sobre las variaciones mensuales del nivel del mar, haciéndolo elevar casi 8 cm y 7 cm con declinación 0° . El tercer componente diurno Q_1 (lunar elíptica menor diurna) hace elevar el nivel en solo cerca de 1cm. De los componentes semidiurnos el de mayor significación M_2 (lunar principal semidiurna) contribuye con 4,8 cm y los demás componentes semidiurnos principales N_2 (lunar principal) y S_2 (solar principal) contribuyen con cerca de 2,0 cm. Los componentes de menor frecuencia Mm (lunar mensual) contribuye con cerca de 3,0 cm y la componente Msf (lunisolar sinódica quincenal) contribuye con 1,99 cm.

CONCLUSIONES

1) En la estación seca, la altura significativa de las olas en la Est. P_{01} fue $H_s = 15,42$ cm y en la Est. P_{02} $H_s = 14,9$ cm. En la estación lluviosa la altura significativa disminuyó, así, en la Est. P_{01} el promedio fue $H_s = 9,99$ cm, y en la Est. P_{02} $H_s = 9,58$ cm.

a) La reacción de la superficie del mar en forma de olas a la acción del viento no es sincrónica y puede tener un retardo de hasta seis horas en la acción reacción.

b) En el valle submarino de Araya debido a procesos de reflexión y refracción en el campo del oleaje, en ocasiones da la sensación, que el mar está “caótico” y las olas muy altas vienen de todos lados.

c) El promedio del periodo de las olas en la temporada de sequía es de $t=5,16$ s en la Est. P_{01} y $t=4,86$ s en la Est. P_{02} y los máximos correspondientes son 15,3 s y 15,9 s. En la estación lluviosa el periodo disminuyó 5,00 s en la

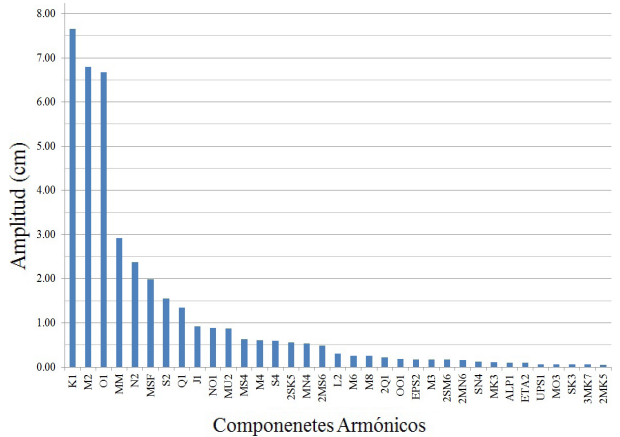


Fig. 13. Aporte de los componentes de la marea.

Est. P_{01} y 4,34 s en la Est. P_{02} , y los máximos registrados fueron 13,9 s y 12,9 s.

d) Se pudo notar, que cuando las velocidades alcanzadas por el viento son relativamente altas, los periodos disminuyen, y cuando la velocidad del viento disminuye, los periodos tienden a aumentar. El ejemplo más claro de esta afirmación tuvo lugar el día 22/08/2011.

e) La dirección de las olas en el periodo de sequía fue estable con preponderancia del NE y poca dispersión. En la estación lluviosa cuando aminoraron los vientos alisios, la dirección de procedencia de las olas fue bastante dispersa.

2) La mayor amplitud de la marea en el área de Taguapire fue de 0,41 m. La pleamar o “llenado” tiene lugar en las primeras horas de la tarde y la bajamar o “vaciado” en horas de la noche.

a) La clasificación mixta principalmente diurna, coincide con lo reportado por KJERFVE (1981) para regiones cercanas como Carúpano en el nororiente de Venezuela.

b) Los principales constituyentes armónicos que componen la serie de la oscilación del nivel del mar son: tres de carácter diurno (K_1 , O_1 , Q_1), tres de carácter semidiurno (M_2 , S_2 , N_2) y las componentes lunar mensual y lunisolar sinódica quincenal (Mm , Msf). Estos ocho componentes contribuyen con el 78,32% de la amplitud total de la marea.

3) El presente trabajo junto con los dos anteriores (QUINTERO & TEREJOVA 2016 y QUINTERO *et al.* 2018) han tratado de dar respuesta al comportamiento de los parámetros dinámicos atmosféricos (vientos) y marinos (corrientes, olas y mareas) en la región del valle submarino de Araya.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a Constructora Andrade & Gutiérrez S.A. y muy especialmente al Ing. Emerson Emeri por permitir el empleo de la información recabada para el desarrollo del proyecto del Astillero ASTIALBA, así como al Ing. José Guerra de la Consultora CEPA C.A. por permitir el empleo de sus equipos y al oceanógrafo Julio Castro del Servicio Hidrográfico de la Armada de Chile por el apoyo prestado.

REFERENCIAS

- ÁVILA, R. G., L. E. HERRERA, C. A. FEBRES & H. TONDA. 1980. Régimen de mareas de las aguas costeras de Venezuela en especial en la región del Delta del Orinoco. Centro de Investigación y Desarrollo de Petróleos de Venezuela S.A. 1: 1 – 36.
- BERNOT, J. 2006. *Meteorología y estrategia. Crucero y regata de altura*. Editorial Juventud S. A. Barcelona, España. 651 pp.
- BRACHO MAGDALENO, C. L. & DIRECCIÓN DE HIDROGRAFÍA Y NAVEGACIÓN (DHN). 1988. *Diccionario de mareas y corrientes*. Caracas: República de Venezuela, Ministerio de la Defensa, Armada, Dirección de Hidrografía y Navegación. 168 pp.
- EGOROV, N. I. 1974. *Oceanografía Física*. Hidrometeoizdat. Leningrado, URSS. 402 pp.
- FOREMAN, M. G. G. 1977. *Manual for tidal heights analysis and prediction*. Pacific Marine Science Report 77-10, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sidney, BC, 97pp.
- _____. 1978. *Manual for tidal currents analysis and prediction*. Pacific Marine Science Report 78-

Tabla 1. Criterios del factor de forma “F” de la marea.

COURTIER BRACHO-MAGDALENO & DHN 1988	DUVANIN VOROBEV & SMIRNOV 1999	Marea
$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$ (6)	$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2}$ (7)	
$H_0 < 0,25$	$H_0 < 0,5$	Semidiurna
$0,25 < H_0 < 1,5$	$0,5 < H_0 < 2,0$	Mixta preponderate semidiurna
$1,5 < H_0 < 3,0$	$2,0 < H_0 < 4,0$	Mixta preponderate diurna
$H_0 > 3,0$	$H_0 > 4,0$	Diurna

Tabla 2. Altura del nivel del mar en la Est. P₀₁

	0:00	01:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Prom.	Max.	Min.	Des. S.	
20/2/11	12.69	12.75	12.81	12.84	12.81	12.78	12.71	12.69	12.64	12.62	12.60	12.65	12.70	12.72	12.77	12.76	12.77	12.76	12.66	12.61	12.61	12.62	12.63	12.66	12.68	12.77	12.60	0.07	
21/2/11	12.65	12.69	12.78	12.83	12.86	12.83	12.81	12.76	12.68	12.66	12.58	12.55	12.52	12.48	12.53	12.56	12.62	12.62	12.62	12.61	12.60	12.60	12.62	12.62	12.69	12.84	12.86	12.48	0.11
25/2/11	12.60	12.62	12.67	12.76	12.79	12.80	12.78	12.75	12.66	12.65	12.65	12.56	12.52	12.50	12.44	12.54	12.57	12.57	12.61	12.59	12.57	12.62	12.61	12.62	12.63	12.80	12.44	0.10	
24/2/11	12.61	12.63	12.63	12.75	12.83	12.88	12.84	12.83	12.76	12.83	12.76	12.67	12.59	12.49	12.49	12.50	12.49	12.58	12.55	12.57	12.59	12.63	12.63	12.65	12.66	12.88	12.49	0.12	
25/2/11	12.61	12.63	12.66	12.68	12.77	12.84	12.86	12.89	12.87	12.84	12.81	12.74	12.68	12.51	12.53	12.51	12.48	12.55	12.55	12.53	12.58	12.59	12.63	12.61	12.67	12.89	12.48	0.13	
26/2/11	12.59	12.58	12.62	12.64	12.68	12.72	12.82	12.82	12.84	12.80	12.78	12.77	12.71	12.62	12.49	12.45	12.45	12.50	12.56	12.51	12.50	12.56	12.59	12.58	12.59	12.63	12.84	12.45	0.12
28/2/11	12.62	12.60	12.64	12.64	12.64	12.66	12.73	12.76	12.79	12.83	12.84	12.85	12.81	12.73	12.65	12.64	12.55	12.49	12.50	12.46	12.51	12.53	12.53	12.57	12.59	12.65	12.85	12.46	0.11
28/2/11	12.63	12.63	12.54	12.57	12.57	12.58	12.60	12.65	12.68	12.77	12.78	12.80	12.78	12.69	12.63	12.65	12.57	12.53	12.48	12.48	12.51	12.55	12.61	12.65	12.62	12.80	12.48	0.09	
1/3/11	12.57	12.57	12.54	12.57	12.57	12.58	12.60	12.65	12.68	12.77	12.78	12.80	12.78	12.69	12.63	12.65	12.57	12.53	12.48	12.48	12.51	12.55	12.61	12.65	12.62	12.80	12.48	0.12	
2/3/11	12.70	12.66	12.66	12.65	12.62	12.67	12.63	12.68	12.68	12.72	12.78	12.82	12.89	12.82	12.81	12.73	12.71	12.69	12.66	12.62	12.59	12.65	12.64	12.67	12.70	12.89	12.59	0.07	
3/3/11	12.70	12.67	12.67	12.69	12.61	12.67	12.66	12.66	12.67	12.69	12.70	12.69	12.73	12.78	12.76	12.75	12.77	12.67	12.65	12.61	12.59	12.62	12.61	12.65	12.66	12.69	12.79	12.59	0.06
4/3/11	12.70	12.73	12.74	12.76	12.72	12.65	12.65	12.67	12.69	12.70	12.69	12.73	12.78	12.78	12.75	12.77	12.73	12.67	12.63	12.62	12.62	12.64	12.61	12.66	12.66	12.69	12.78	12.61	0.05
6/3/11	12.70	12.72	12.72	12.75	12.72	12.64	12.60	12.64	12.63	12.60	12.61	12.66	12.68	12.67	12.65	12.69	12.67	12.65	12.56	12.61	12.59	12.60	12.64	12.63	12.65	12.75	12.59	0.05	
7/3/11	12.68	12.69	12.72	12.75	12.72	12.68	12.62	12.67	12.64	12.63	12.59	12.65	12.66	12.67	12.65	12.67	12.61	12.69	12.64	12.63	12.67	12.68	12.66	12.70	12.67	12.75	12.59	0.04	
8/3/11	12.75	12.78	12.80	12.81	12.83	12.80	12.72	12.70	12.69	12.66	12.62	12.62	12.58	12.63	12.60	12.66	12.66	12.66	12.69	12.63	12.60	12.66	12.67	12.66	12.69	12.83	12.58	0.07	
9/3/11	12.70	12.73	12.76	12.78	12.81	12.78	12.75	12.71	12.67	12.67	12.62	12.61	12.62	12.60	12.60	12.65	12.64	12.66	12.68	12.63	12.64	12.68	12.69	12.73	12.68	12.81	12.60	0.06	
10/3/11	12.75	12.75	12.80	12.82	12.87	12.84	12.82	12.74	12.72	12.72	12.72	12.77	12.80	12.77	12.76	12.66	12.61	12.56	12.57	12.56	12.62	12.62	12.63	12.66	12.69	12.87	12.57	0.09	
11/3/11	12.70	12.72	12.72	12.81	12.82	12.82	12.80	12.83	12.76	12.73	12.71	12.65	12.63	12.58	12.54	12.56	12.59	12.58	12.63	12.60	12.60	12.64	12.68	12.69	12.68	12.83	12.54	0.09	
12/3/11	12.68	12.70	12.77	12.81	12.82	12.84	12.88	12.84	12.84	12.77	12.73	12.69	12.61	12.57	12.55	12.55	12.55	12.55	12.57	12.60	12.57	12.63	12.67	12.64	12.68	12.88	12.50	0.12	
13/3/11	12.65	12.65	12.70	12.72	12.80	12.83	12.85	12.91	12.85	12.81	12.79	12.75	12.67	12.59	12.54	12.52	12.51	12.56	12.54	12.57	12.60	12.62	12.63	12.68	12.91	12.51	0.12		
14/3/11	12.61	12.66	12.64	12.70	12.73	12.76	12.81	12.83	12.84	12.82	12.79	12.72	12.69	12.62	12.51	12.54	12.50	12.52	12.54	12.56	12.59	12.60	12.64	12.63	12.66	12.84	12.50	0.11	
15/3/11	12.65	12.62	12.62	12.66	12.69	12.73	12.79	12.83	12.87	12.88	12.84	12.82	12.75	12.70	12.60	12.53	12.51	12.52	12.54	12.55	12.59	12.64	12.66	12.67	12.68	12.88	12.51	0.11	
16/3/11	12.68	12.65	12.66	12.65	12.67	12.73	12.74	12.84	12.87	12.89	12.88	12.88	12.84	12.82	12.72	12.66	12.61	12.56	12.56	12.57	12.56	12.62	12.63	12.66	12.68	12.89	12.56	0.11	
17/3/11	12.72	12.69	12.63	12.65	12.62	12.66	12.65	12.71	12.76	12.76	12.76	12.82	12.82	12.82	12.81	12.78	12.67	12.60	12.61	12.57	12.60	12.60	12.67	12.75	12.80	12.86	12.57	0.09	
18/3/11	12.74	12.79	12.69	12.65	12.64	12.63	12.64	12.66	12.67	12.75	12.82	12.84	12.83	12.81	12.78	12.67	12.60	12.61	12.57	12.60	12.60	12.67	12.75	12.80	12.70	12.84	12.57	0.09	
20/3/11	12.87	12.86	12.86	12.87	12.77	12.68	12.66	12.60	12.59	12.58	12.60	12.69	12.73	12.77	12.76	12.74	12.70	12.65	12.66	12.62	12.64	12.66	12.71	12.79	12.71	12.87	12.58	0.09	
21/3/11	12.80	12.91	12.89	12.90	12.87	12.74	12.69	12.67	12.57	12.55	12.55	12.59	12.58	12.62	12.64	12.66	12.69	12.65	12.59	12.62	12.61	12.65	12.66	12.73	12.68	12.91	12.55	0.11	
22/3/11	12.77	12.74	12.82	12.94	12.85	12.86	12.79	12.70	12.70	12.70	12.59	12.52	12.45	12.46	12.48	12.55	12.62	12.60	12.59	12.61	12.59	12.64	12.63	12.64	12.65	12.94	12.45	0.13	
23/3/11	12.65	12.73	12.76	12.82	12.87	12.85	12.82	12.81	12.74	12.70	12.61	12.50	12.52	12.44	12.45	12.52	12.55	12.61	12.57	12.59	12.59	12.62	12.67	12.63	12.65	12.87	12.44	0.13	
24/3/11	12.65	12.68	12.68	12.77	12.80	12.83	12.84	12.82	12.75	12.67	12.68	12.56	12.49	12.43	12.42	12.44	12.47	12.50	12.53	12.55	12.58	12.61	12.62	12.62	12.62	12.84	12.42	0.13	
25/3/11	12.63	12.63	12.62	12.65	12.74	12.70	12.79	12.78	12.77	12.73	12.68	12.67	12.54	12.50	12.47	12.41	12.43	12.52	12.53	12.55	12.58	12.58	12.62	12.67	12.62	12.79	12.44	0.11	
27/3/11	12.63	12.61	12.62	12.66	12.68	12.72	12.80	12.80	12.78	12.74	12.74	12.69	12.66	12.53	12.53	12.46	12.43	12.48	12.48	12.55	12.56	12.61	12.61	12.62	12.80	12.43	0.11		
28/3/11	12.59	12.61	12.61	12.60	12.64	12.65	12.69	12.74	12.78	12.76	12.75	12.71	12.62	12.64	12.53	12.49	12.47	12.49	12.52	12.59	12.61	12.64	12.65	12.62	12.80	12.47	0.09		
29/3/11	12.61	12.64	12.60	12.64	12.64	12.63	12.65	12.74	12.74	12.77	12.80	12.71	12.76	12.65	12.58	12.56	12.52	12.54	12.51	12.53	12.57	12.62	12.66	12.65	12.64	12.80	12.51	0.08	
30/3/11	12.63	12.60	12.59	12.61	12.56	12.59	12.57	12.60	12.69	12.70	12.75	12.71	12.69	12.65	12.58	12.56	12.52	12.54	12.56	12.62	12.66	12.66	12.66	12.66	12.61	12.75	12.50	0.07	
31/3/11	12.61	12.63	12.63	12.59	12.57	12.62	12.55	12.57	12.60	12.63	12.64	12.71	12.72	12.71	12.69	12.61	12.59	12.56	12.54	12.58	12.56	12.62	12.68	12.72	12.62	12.72	12.54	0.06	
1/4/11	12.69	12.67	12.64	12.59	12.61	12.59	12.58	12.59	12.60	12.65	12.65	12.69	12.71	12.70	12.65	12.59	12.54	12.58	12.58	12.56	12.58	12.62	12.69	12.71	12.63	12.71	12.54	0.05	
2/4/11	12.68	12.68	12.67	12.64	12.56	12.57	12.57	12.55	12.55	12.60	12.65	12.60	12.58	12.52	12.52	12.44	12.47	12.50	12.53	12.55	12.58	12.61	12.62	12.62	12.62	12.79	12.44	0.11	
27/3/11	12.63	12.61	12.62	12.66	12.68	12.72	12.80	12.80	12.78	12.74	12.74	12.69	12.66	12.53	12.53	12.46	12.43	12.48	12.48	12.55	12.56	12.61	12.61	12.62	12.80	12.43	0.11		
29/3/11	12.61	12.64	12.60	12.64	12.64	12.63	12.65	12.74	12.74	12.77	12.80	12.71	12.76	12.65	12.58	12.56	12.52	12.54	12.51	12.53	12.57	12.62	12.66	12.65	12.64	12.80	12.51	0.08	
30/3/11	12.63	12.60	12.59	12.61	12.56	12.59	12.57	12.60	12																				

Tabla 3. Componentes de la marea en la localidad de Taguapire y Caribe sur oriental

Componente	Valle submarino de Araya		Otras localidades del Caribe sur (KJERFVE 1981)					
	Taguapire		Bonaire		La Guaira		Carúpano	
	10,64° N 64,01°W							
	Observaciones 20/2/11 0900 h 2/4/11 1100 h		12,15°N 68,28°W		10,61°N 66,94°W		10,67°N 63,25°W	
Componente	Amplitud (cm)	Fase (°)	Amplitud (cm)	Fase (°)	Amplitud (cm)	Fase (°)	Amplitud (cm)	Fase (°)
<i>K1- Lunisolar de declinación diurna.</i> T=23,934 h. Frecuencia =0,0417807	7,66	173,1	11	250	9.8		10.4	238
<i>O1 - Lunar de declinación diurna.</i> T=25,819 h. Frecuencia=0,0387307	6,80	170,17	7	239	6.7		7.5	230
<i>M2 - Luna principal semidiurna.</i> T=12,421h Frecuencia = 0,0805114	4.8	39,20	5	174	4.8	158	11.3	190
<i>Mm - Lunar mensual.</i> T=27,421 días Frecuencia = 0,00151	2,92	295,48						
<i>MSF - Lunisolar sinódica quincenal.</i> T=14,765 días Frecuencia=0,0028219	1.99	29,19						
<i>N2 - Lunar principal, semidiurna.</i> T=12,658 h Frecuencia=0,0789992	2,38	24,38	----	----	1.7	137	3.2	172
<i>S2 - Solar elíptica mayor semidiurna.</i> T=12 h. Frecuencia=0.0833333	1,55	345.98	1	268	----	----	3.2	217
<i>Q1 - Lunar elíptica mayor diurna.</i> T=23,87 h. Frecuencia=0,037219	1,358	172,63						
F_{COURTIER}	1,72		-----		-----		1,23	
F_{DUVANIN}	2,11		3,60		3,44		1,58	

- 6, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sidney, BC, 57pp.
- GARMIN. 2007. BlueChart Americas v2008 (Versión 2010). (Software PC).
- GODIN, G. 1972. *The Analysis of Tides*. University of Toronto Press, Toronto, 264pp.
- HERRERA, L. E., G. E. FEBRES & R. G. ÁVILA. 1981. Las mareas en aguas venezolanas y su amplificación en la región del Delta del Orinoco. *Acta Cient. Venezolana*. 32: 299 – 3066.
- KJERFVE, B. 1981. Tides of the Caribbean Sea. *J. Geophys. Res.* 86(C5): 4243-4247.
- LUNARPHASE. 2013. Gary Nugent 1999, 2000. Fases Lunares v2.50. (Software PC)-
- MALIKOV, I. 2010. Régimen de las mareas en las costas colombianas. IDEAM Colombia, Notas Técnicas, 21 pp. Disponible: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/meteorologia-marina> (Revisada: 15 julio 2020).
- NOAA. 2013a. National Environmental Satellite, Data and Information Service (NESDIS). EEUU. (Página Web en línea). Disponible: <http://www.ssd.noaa.gov/PS/TROP/trop-atl.html> [Revisada: 15 septiembre 2013].
- NOAA. 2013b. National Geophysical Data Center. Monthly / Seasonal Climate. Componentes. EEUU. [Página Web en línea]. Disponible: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/printpage.pl> [Consulta: 16 septiembre 2013].
- OMM – Organización Meteorológica Mundial. 1998. *Guía para el Pronóstico y Análisis de las Olas*. Segunda Edición, Secretaría de la OMM. Ginebra, Suiza. 171 pp.
- PAWLOWICZ, R., B. BEARDSLEY & LENTZ. 2002. Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE. *Comput. Geosci.* 28: 929 - 937.
- PELIGRÍ, J. L. & R. G. ÁVILA. 1986. Las mareas como sistemas cooscilantes en los golfos de Venezuela y Paria. *Rev. Tec. INTEVEP*. 6 (1): 3 – 15.
- QUINTERO, A. & C. LODEIROS. 1996. Variaciones térmicas del agua en Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 35 (1-2): 27 - 40.
- QUINTERO, A. & G. TEREJOVA. 2010. Brisas de mar y tierra al norte de la península de Araya, Estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 48 (2): 109-119.
- _____. 2016. Evaluación de los parámetros del viento en el valle submarino de Araya, Venezuela. I Parte. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 55(2): 273 - 287.
- _____. & F. BRITO. 2018. Evaluación de las corrientes marinas en el valle submarino de Araya, Venezuela. I Parte. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 58(2): 14 - 27.
- REDFIELD A. C. 1961. The tidal system of lake Maracaibo, Venezuela. *Limnology and Oceanography*. VI (1): 1 – 12.
- SOHMA. 2017. Librillo de nubes y estado del mar. Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada SOHMA. República Oriental del Uruguay. 111 pp.
- TEREJOVA, G., A. QUINTERO & A. PIÑERO. 1998. Descripción de las características climáticas de Carúpano, Estado Sucre (Venezuela). *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 37 (1-2): 43 - 52.
- UNIVISIÓN. 2018. ¿Qué es una marejada ciclónica y por qué es tan destructiva? Dallas, EEUU. Disponible en <https://www.univision.com/noticias>. (Revisada julio 2020).
- VOROBEV, V. N. & N. P. SMIRNOV. 1999. *Oceanología General. II Parte. Procesos dinámicos*. Edit. RGGMU. Sant Petersburgo. Federación Rusa. 230 pp.

RECIBIDO: AGOSTO 2020

ACEPTADO: OCTUBRE 2020